



TITLE:

【部局史編 2】 第15章: 化学研究所

AUTHOR(S):

京都大学百年史編集委員会

CITATION:

京都大学百年史編集委員会. 【部局史編 2】 第15章: 化学研究所. 京都大学百年史 : 部局史編 ; 2 1997: 736-822

ISSUE DATE:

1997-09-30

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/152967>

RIGHT:

第1節 総 記

第1項 沿 革

医療上最も必要とされたサヴィオール(サルバルサン)が第1次世界大戦により輸入できなくなり、その製造法を独自に開発する必要が生じた。この研究に着手することを提案したのは、当時の京都帝国大学総長山川健次郎であり、大正4(1915)年1月に理科大学化学教室において、教授久原躬弦が講師松宮馨を指導し、研究を開始した。同年5月には早くもサヴィオールとネオサヴィオールの合成に成功している。

そこで、京都帝国大学では大正4年8月には吉田二本松町に理科大学附属化学特別研究所を設置した。当初は引き続き久原躬弦教授監督のもとに松宮馨が担当したが、間もなく久原が死去したことに伴い、教授大幸勇吉がその任を引き継いだ。大正9(1920)年には、大幸の辞任に伴い助教授松宮馨が監督を命ぜられ、この研究を直接担当した。化学特別研究所においては、サルバルサンのほか、砒素化合物の製造と薬理作用の研究が続行されていたが、大正15(1926)年サルバルサン類製造組織の拡充と毒物に関する研究拡充のための予算が第51帝国議會を通過した。

他方、本部においては、かねてより化学に関する総合的な研究機関の設立が計画されていたが、上記化学特別研究所の拡張計画の成立を契機として、その実現を図ることになり、当局の承認を得て、大正15(1926)年10月4日化学研究所官制が公布された。そこで、化学研究所は、理学部化学特別研究所

* 扉の写真は、化学研究所。

の移管を受け、「化学に関する特殊事項の学理及びその応用」の研究を開始することになった。

化学研究所本館は、昭和4(1929)年3月に大阪府三島郡磐手村字古曾部(現：高槻市大学町)において竣工され、以後約40年の長きにわたってこの地で研究が続けられたが、後の昭和43(1968)年5月、京都府宇治市五ヶ庄に統合移転し、現在に至っている。

第2項 創設期における官制と組織

官制制定の際に、閣議に上程された設立主旨説明は次のようであった。

化学研究所官制制定説明書

化学の研究は諸科学の根基を成し、其の深度は諸科学進歩の尺度を為す。これを先進各国の齊しく斯学の攻究に最善を尽くし専念を致すの所以なり。

然れども、従来化学として取り扱われ来たる分類の外に化学の終極と物理の終極に跨がる所謂中間化学とも称すべき注目すべき重要な範囲あり。又有機化学と無機化学との中間に在りて重要な部分あり。是等の研究は今日の化学問題を打開するに最も重要な鍵にして、一般化学の上に立脚して或程度迄完成せる諸問題に対して之に一段の解決を与え、以て実用化し、直接に産業、国防、保険、貿易等に多大の貢献を齎らすものなり。

即ち工業・農業に関する諸企業、精鋭なる兵機・弾薬、食料・栄養、医療・染料、諸工芸、加工品、都市計画等の如き、皆亦化学的基礎に立脚すべき諸要素多く、又此の研究に俟つべき諸問題多し。

故に之を国策上より見るも亦此等特殊化学に関する研究の要あるは論を俟たず。近代文化の中樞は此の方向に其の方策を覓めつゝあるの現状にして、我国の如く学術上のみならず経済上の債務国たる立場より見れば、是等化学に関する特殊事項の研究は最も緊切にして且急務なるものなり。

化学研究所は上述の如き特別の目的に従い、その目的に適合すべき独特の設備と特別の組織に依り、化学の特殊研究を為さんとするものなり。而して、京都帝国大学に於いては大正四年以来此の方面の研究に著眼し、その第一着

第15章 化学研究所

手としてサヴィオール有機砒素化合物の研究、有機金属化学の研究、医薬の研究、発火剤の研究をなし来れるを以て、之等の既設の設備を利用して化学研究機関を設置することは財政上の利便あるのみならず、且多数専門学者の合同研究に便なるとに依り、曩に之が拡張計画を樹て、既に予算の通過を見、茲に京都帝国大学に之を附置せんとす。

以上のように、化学研究所の設立主旨は、時代を反映して、軍事色が非常に強いものであった。

最初に公布された官制(大正15年10月4日勅令第313号)は次のとおりである。

化学研究所官制

第一条 京都帝国大学ニ化学研究所ヲ附置スル

第二条 化学研究所ハ化学ニ関スル特殊事項ノ学理及应用ノ研究ヲ掌ル

第三条 化学研究所ニ左ノ職員ヲ置ク

所長、所員、助手、書記

第四条 所長ハ京都帝国大学教授中ヨリ文部大臣之ヲ補ス

所長ハ京都帝国大学総長ノ監督ノ下ニ於テ化学研究所ノ事務ヲ掌理ス

第五条 所員ハ帝国大学ノ教授及助教授ノ中ヨリ文部大臣之ヲ補ス

所員ハ所長ノ監督ノ下ニ於テ研究ヲ掌ル

第六条 助手ハ専任三人判任トス上司ノ指揮ヲ承ケ研究ニ従事ス

第七条 書記ハ専任一人判任トス上司ノ指揮ヲ承ケ事務ニ従事ス

第八条 京都帝国大学教授ニシテ所長又ハ所員ニ補セラレタル者ニハ講座ヲ担当セシメサルコトヲ得

前項ノ規定ニ依リ講座ヲ担当セサル教授及ビ所員ニ補セラレ専ラ事務ニ従事スル助教授ハ所属帝国大学ノ定員外トス

附 則

本令ハ公布ノ日ヨリ之ヲ施行ス

化学研究所の官制が公布されると同時に、理学部教授近重真澄が所長事務取扱を命じられ、昭和2(1927)年2月初代所長に補せられた。同月、近重真澄(理)、喜多源逸(工)、渡辺俊雄(工)、前田鼎(医)、大杉繁(農)、堀場信吉

(理)、近藤金助(農)の諸教授ならびに松宮馨助教授(理)、3月には志方益三教授(農)がそれぞれ所員に補せられ、4月には以上9所員に属する研究室が設置された。松宮研究室は元化学特別研究所、その他は各所属学部教室において研究が開始されることになった。

化学研究所の設置に関して、極めて大きい特徴をあげることができる。それは、新規に誕生した化学研究所を、母体となった化学特別研究所の所管者である理学部の延長線上ではなく、京都帝国大学における自然科学系学部全体が関与する総合的な大学附置研究機関として位置付けたことである。さらに、当時の既存附置研究所に見られた「部」制度でなく、「研究室」制度を設けたことも、特筆に値する形態であった。

上記の官制に示されたように、化学研究所発足当時の所員は全員学部兼任者であった。専任職員としては、助手3名および書記1名が認められたが、これらはいずれもその人件費は収入金支弁によるものであって、政府支出金による専任職員は1名も含まれていなかった。その後次第に、政府支出金による専任職員の数は増大したけれども、収入金支弁制度は、第2次世界大戦終結直後に当たる昭和21(1946)年に官制が改正されるまで継続した。

ここにいう収入金支弁制度とは、サヴィオールその他各研究室の研究に基づく特許の実施あるいは試作製品の払い下げによる収入を、人件費および研究費の一部にあてる制度である。

高槻における化学研究所本館の竣工を見た昭和4(1929)年12月に、最初の官制改正が小規模に行われている。つまり、研究事項として「塗料及纖維素化学並ニ農林産物利用等ニ関スル研究」が追加され、(兼任)所員2名の増加があり、その「業務ヲ補助」する目的で助手4名の増員があった。昭和8(1933)年には助手7名の増員があるが、その際に堀場研究室に5項目、志方研究室に1項目が、研究事項として承認された。堀場研究室では、①金属オルガノゾルに関する研究が「新船底塗料ノ製造ハ艦船ノ航海能率促進上極メテ重要ナルモノ」として、②活性炭素の製出に関する研究が、「軍事上(毒瓦斯防毒等)並工業上(有毒瓦斯吸収、漂白及脱色等)夙ニ期待」されたために、

第15章 化学研究所

「実用化ヲ計リ、半工業的製造」を試みるためとして、③膠質医薬の製造に関する研究が、「駆蝕剤トシテハ最モ完全ナル水銀コロイドノ製造」「消炎剤トシテハ銀コロイド軟膏ノ製造」「注射剤トシテノ金又銀コロイドノ製造」を試みるためとして、それぞれ承認された。これらを含む計7項目に対して、それぞれ助手1名が増員された。志方研究室においては、ツンドラを「人造板ニ製造シ、内外六種ノ特許ヲ得ル等蒼々実績ヲ挙」げていたことが認められ、この特許権に基づき製造試験を開始する研究に関して承認が与えられた。続く昭和9(1934)年7月には官制がさらに改正され、喜多研究室における「硝子製造試験並ニ特殊硝子研究」が、溶鉱炉から生じる鉱滓を利用する目的で承認されている。ここで、助手2名の追加増員が認められている。

昭和12(1937)年に入ると、日本は戦時体制への道を歩み始め、化学研究所においても、その影響を大きく受けた。すなわち、研究室の大幅な増加が図られ、研究に従事する人員も大幅に増員された。すなわち、昭和10(1935)年5月には総員142名であった職員は、昭和18(1943)年1月の時点では501名にまで増大している。

昭和24(1949)年5月31日、法律第150号により前掲の官制が廃止され、同時に公布された国立学校設置法により、あらためて化学研究所が京都大学に附置されることになり、ここに現在の京都大学化学研究所が誕生した。この時点までは、化学研究所は単に化学研究所と呼ばれ、京都帝国大学の名を冠しなかったのである。

第3項 組織および制度の変遷

1. 研究組織と職員の変遷

研究は各研究室ごとにそれぞれ独立して行われたが、各研究室は、主任教授(所員)、助教授(所員)、助手、研究嘱託、研究員(嘱託)、研究補助(雇員)から構成された。研究員とは、学部における無給副手に近いものであって、

この中には、企業から派遣された者も含まれていた。昭和15(1940)年副手規程が定められ、学部卒業生およびこれと同等以上の者に適用された。

創立期の大正15(1926)年から昭和12(1937)年の間は、職員数の増加はほぼ定員の増加に見合うものであったが、戦時体制に入る昭和12年以降では、定員数と現員数とが大きくかけ離れていく。昭和12年4月には、12研究室に配属された職員の数は17名であり、このうち教授は14名いた。この時点で、初めて教授の数が研究室の数を上回ることになる。すなわち、喜多研究室の櫻田一郎と渡辺研究室の西村秀雄は研究室を主宰しない教授であった。この時期の総職員数は161名であったが、この数を定員数である22名と比較すると、実態がいかに官制とかけ離れていたものであるかを理解することができよう。昭和38年から平成6年までの専任職員の増減を表15-1に示す。

前に述べたように、各研究室は学部の講座とは異なり、その数に制限はなく、必要に応じて、官制とは無関係に増減が行われ、終戦時には、研究室の数は26に及んだ。ただし、この時期においては、各研究室の主任教授は平田秀樹を除きすべてを学部教授が兼任し、その他の専任教授はそれぞれ関係する研究室に所属する形態をとっていた。

このように、戦前の化学研究所は、主として学部の兼任教授によって運営されてきたものであって、終戦当時、研究室主任および主任以外の兼任教授計35名に対し、専任教授はわずか5名、かつその中の1名は収入金支弁によるものであった。これに対して助教授は14名、助手は30名に達していたが、各研究室間における人員と研究費の配分は均等ではなく、研究項目によってかなり大きな開きがあった。

昭和21(1946)年4月1日、勅令第207号に基づき、組織に大きな変革が行われた。まず、創立以来実施されてきた人件費の一部収入金支弁制度(教授1、助教授5、助手13、事務官3)は全面的に廃止され、政府支出金による費用に改められた。また、従来は嘱託であった講師は専任職(文部教官)となり、昭和15年に制定された副手(嘱託)の大部分が助手に繰り入れられた。また、創設以来用いられてきた所員(教授および助教授)、書記などの名称は廃

第15章 化学研究所

表15-1 専任職員数の変遷(昭和38～平成6年：毎年7月1日現在)

年 度	教 授	併任教授	客員教授	助教授	客員助教授	助 手	教務職員	技術職員	事務職員	その他職員	合 計
昭和38	15	9		16		46	16	14	21	26	163
昭和39	16	8		15		48	10	22	22	24	165
昭和40	16	8		16		47	10	22	23	23	165
昭和41	18	7		14		49	10	20	23	22	163
昭和42	18	6		14		48	10	20	27	22	165
昭和43	20	5		16		47	14	17	27	18	164
昭和44	19	4		17		49	15	15	29	25	173
昭和45	19	3		16		49	18	13	29	24	171
昭和46	20	1		15		49	18	10	29	24	166
昭和47	18	1		19		40	19	14	26	24	161
昭和48	19	1		16		39	19	12	28	24	158
昭和49	19	1		19		38	20	11	29	21	158
昭和50	19	1		19		42	21	10	27	19	158
昭和51	22			16		42	23	10	27	17	157
昭和52	21			19		43	23	8	29	17	160
昭和53	22			18		44	22	9	28	17	160
昭和54	21			18		43	22	11	27	14	156
昭和55	19			19		44	24	10	27	15	158
昭和56	18			17		42	23	8	25	15	148
昭和57	18			18		42	24	9	25	14	150
昭和58	21		1	19	1	42	24	9	24	12	153
昭和59	21		2	19	2	41	22	10	24	12	153
昭和60	20		2	22	2	43	19	9	22	11	150
昭和61	20		2	23	2	42	20	10	23	10	152
昭和62	22		3	23	2	39	20	10	22	9	150
昭和63	22		3	21	2	37	19	9	22	9	144
平成元	26		3	21	2	32	19	10	22	9	144
平成2	25		3	21	2	36	20	10	22	9	148
平成3	24		3	23	2	37	19	10	22	9	149
平成4	22		3	24	2	41	15	10	22	9	148
平成5	24		3	24	3	42	12	10	22	9	149
平成6	27		3	21	3	44	13	10	22	9	152

注 大正15～昭和37年については、『京都大学七十年史』を参照のこと。

止され、学部職員と同様に文部教官1級(教授)、2級(助教授)、3級(助手)および文部事務官となり、化学研究所に配置されることに改められた。その後、行政整理によって人員の調整が行われた結果、昭和24年における専任研

研究職員は教授5名、助教授14名、講師8名、助手48名となったが、化学研究所の運営は従来どおり主として研究室主任である併任教授によって行われた。昭和25(1950)年内野仙治所長が、助教授および講師の振り替えによって、教授の増員を図る方針をとって以来、約10年にわたりこの方針が継続され、9名の教授が増員されたが、職員の総数に大きい変化は認められなかった。こうして、増員された専任教授を主任とする研究室が設立されたが、退職した併任教授の補充は当分行わない方針がとられ、化学研究所が高槻市より現在の宇治市へ移転した昭和43(1968)年5月現在においては、専任教授20名に対して併任教授は4名となった。その間堀尾正雄所長の時代に、研究室を持たない併任教授はすべて研究担当に改められた。なお、技官は昭和33(1958)年から実施された職制である。

以後、昭和51(1976)年に早石修教授(医)の併任が免ぜられたのを最後に、化学研究所に併任教授はいなくなった。その後も、研究室の数は微増を続けたが、大きい変動は見られなかった。ただし、後に述べるように、昭和57(1982)年に一部の研究室に大部門制が導入されたのを機に、助教授や助手の振り替えによる教授の定員増があった。その後、大部門化が進むにつれて教授定員の増加傾向が顕著になる。この傾向は表15-1にも明らかである。平成4(1992)年作花濟夫所長指揮のもとに、化学研究所の大規模な改組が行われ、全研究部門が大部門化した。これに伴い、技官5名の助手への振り替えなどがあり、9大部門・2施設として化学研究所が再出発した際の研究職員数は、教授27、客員教授3、助教授27、客員助教授3、助手44であった。大部門化した後の組織において、27名の専任教授はすべて部門をさらに細分して構成している領域を担当するものとし、各部門には事務の運営を円滑に図る目的で、1年を任期とする部門主任が置かれた。

2. 部門の制定

前述のように、化学研究所は各研究室を単位として運営されてきたのであるが、研究室は講座と異なり、研究項目による予算に基づいたものと、予算

第15章 化学研究所

を伴わず部内処置によって設置されたものから構成されていた。年数の経過とともに、文部省に登録された研究項目と実施されている研究内容とが甚しく遊離してきたので、終戦を機として、研究項目を実施内容に比較的近いものに改めたが、これは化学研究所内部において便宜上とられた処置であって、文部省においては依然として、旧研究項目で取り扱われていた。これは大学附置研究所共通の問題であったので、これを統一的に整理するために、昭和39(1964)年国立大学附置研究所の部門に関する省令が公布され(昭和39年2月25日省令第4号)、各研究所に部門を設置することになった。これと同時に、サイクロトロンを含む原子核の研究設備は原子核科学研究施設に指定された。

その後、昭和40(1965)年に高分子結晶学研究部門の純増があり、同年に微生物化学、続く昭和41(1966)年に分子生物学、さらには昭和42(1967)年に植物化学の各不完全部門の充実が行われた。化学研究所が、高槻市より現在の宇治市へ移転した年である昭和43(1968)年5月の時点においては、20部門、1施設、専任教授20名、助教授16名、助手47名を数えるに至った。

専任教授の増加、部門の制定、施設の拡充などに伴って、化学研究所の内容は学部における講座制に近いものとなってきた。そこで、運営面においても種々の改革が必要になってきた。人事の選考に関しても、かつては必ずしも研究項目にとらわれることなく行われてきたが、部門の制定とともに部門に即した人選が行われるように改善された。なお、部門の制定とともに、従来用いていた「研究室」という呼称は、昭和42(1967)年4月以降、公式には使用しないことになった。

昭和57(1982)年、磁性体研究部門および新無機合成開発施設の廃止・転換により大部門として第1、第2、第3、および客員研究部門とからなる新機能材料研究部門が設置された。以後、昭和58(1983)年に生理活性研究部門が廃止・転換され、第1、第2、および客員研究部門からなる抗癌医薬開発研究部門が大部門として発足した。続いて昭和62(1987)年には高分子構造研究部門および繊維化学研究部門が廃止・転換されて、第1、第2、第3、およ

表15-2 改組後における研究部門と研究施設(平成4年4月現在)

旧部門・施設名	中 間 経 過	新部門・施設名	大学院 研究科
粉体化学研究部門 核放射線研究部門 高分子結晶学研究部門		構造解析基礎研究部門	理・工
界面化学研究部門 電気材料研究部門 放射化学研究部門		界面物性研究部門	理
磁性体研究部門 窯業化学研究部門	新無機合成開発施設 (昭和50年) 新機能材料研究大部門 (昭和57年)	無機素材化学研究部門	理
高分子構造研究部門 繊維化学研究部門	材料物性基礎研究大部門 (昭和62年)	材料物性基礎研究部門	工
高分子分離学研究部門 高压化学研究部門		有機材料化学研究部門	工
石油化学研究部門 生理活性研究部門	抗癌医薬開発研究大部門 (昭和58年)	有機合成基礎研究部門	工・薬
有機単位反応研究部門 ——(新設部門)		生体反応設計研究部門	理・薬 ・医
植物化学研究部門 微生物化学研究部門		生体分子機能研究部門	農
酵素化学研究部門 分子生物学研究部門	生理機能設計研究部門 (昭和60年)	生体分子情報研究部門	理
	核酸情報解析施設 (昭和56年)	核酸情報解析施設	
原子核反応研究部門 原子核科学研究施設	原子核科学研究施設 (昭和61年)	原子核科学研究施設	理

第15章 化学研究所

び客員研究部門からなる材料物性基礎研究部門が設置された。これら一連の大研究部門化の波の中であって、時代の要請を先取りし、より機動的な研究体制を確立すべく高浪満所長のもとで化学研究所の大規模な組織改革が図られた。その結果が作花所長の時代、平成4(1992)年に実施された全研究部門の大部門化である。この改革によって、当時16部門・3大部門・2施設より構成されていた化学研究所は、9大部門(25領域および3客員領域)と2施設(3領域)からなる機構へと生まれ変わった。改組時における旧部門(施設)名と新大部門(施設)名、および各部門・施設が所属する大学院研究科名を表15-2に示す。

3. 研究所における大学院制度

新制度が発足した昭和24(1949)年法律第150号による学制改革に伴い大学院制度も改められ、昭和24年4月12日大学院基準が、次いで、昭和27(1952)年10月11日大学院設置審査基準要項がそれぞれ制定された。大学院基準に従えば、「大学院の学科の基準は学部を基礎とし」、「大学院の授業並びに指導には主として大学院教員資格に該当する学部の責任者がこれに当り、必要により研究所等の適任者が協力する」ということになっている。また、学部における講座は、大学院に置かれる研究科の基礎となるものとされている(昭和29年9月7日省令第23号)。

こうして新制大学院は昭和28(1953)年より実施されたのであるが、本学においては、研究所関係者は主として授業担当あるいは大学院関係教官としてこれに参加し、指導教官となることは認められなかった。その後、化学研究所教授中、工学関係者だけは工学研究科会議の議を経て、指導教官となることが認められ、実質的に大学院教育に参加することになった。

しかし、国立研究所長会議においては、常にこの点が問題となり、研究所教官による大学院の授業ならびに指導には学部責任者と同等の資格が与えられるように、大学院設置審査基準要項を改正することが要望され続けた。なお、この点は今日に至るまで改正されていない。しかるに、昭和36(1961)年

表15-3 大学院学生数の変遷(昭和38～平成6年度：毎年5月1日現在)

年 度	理学研究科		工学研究科		農学研究科		薬学研究科		合計	
	修士	博士	修士	博士	修士	博士	修士	博士	修士	博士
昭和38	8	2	19	3	3				30	5
昭和39	18	1	11	8	4		2	1	35	10
昭和40	11	9	18	6	3	1	3	1	35	17
昭和41	11	15	17	9	5	2	4	2	37	28
昭和42	15	13	15	11	4	5	2	4	36	33
昭和43	16	8	13	11	5	6	3	5	37	30
昭和44	17	9	17	8	5	7	3	5	42	29
昭和45	11	13	20	7	4	8	3	4	38	32
昭和46	4	16	20	9	3	7	3	3	30	35
昭和47	11	13	20	6	7	5	2	3	40	27
昭和48	12	11	19	7	6	5	3	3	40	26
昭和49	14	8	14	9	4	4	3	2	35	23
昭和50	15	9	21	9	4	6	2	3	42	27
昭和51	17	12	21	12	7	5	1	4	46	33
昭和52	17	16	18	15	7	6	4	3	46	40
昭和53	13	16	23	13	5	5	5	5	46	39
昭和54	14	17	24	15	5	3	3	4	46	39
昭和55	15	14	20	15	6	4	2	5	43	38
昭和56	22	10	14	16	7	5	3	4	46	35
昭和57	23	13	16	11	8	6	4	4	51	34
昭和58	18	12	22	9	7	5	4	5	51	31
昭和59	20	12	19	9	3	6	6	3	48	30
昭和60	25	18	20	11	6	7	9	4	60	40
昭和61	28	14	19	15	12	7	6	8	65	44
昭和62	24	21	17	11	11	8	6	7	58	47
昭和63	25	22	21	7	8	9	10	5	64	43
平成元	31	21	22	4	10	9	7	6	70	40
平成2	32	14	20	5	10	11	8	7	70	37
平成3	31	25	23	9	8	10	13	9	75	53
平成4	32	18	26	10	13	10	10	12	81	50
平成5	33	32	28	15	10	10	13	16	84	73
平成6	40	41	30	9	8	14	14	13	92	77

第15章 化学研究所

10月文部省大学学術局は、全国国立大学附置研究所における大学院学生の受け入れ体制について予備調査を行った結果、各大学の回答に基づいて、昭和37(1962)年2月7日大学院学生定員の改訂に関する通達(文大第1053号)により、自然科学系附置研究所に対する大学院研究科学生定員の増加を図るための予算処置が示された。その予算定員は、研究所各部門当たり毎年修士課程1名、博士課程0.5名であった。そこで、各研究所は早速それぞれ関係研究科に分属することとなり、昭和37年9月、指導教官の発令を見ると同時に、各研究科に研究所教授も参加して昭和38(1963)年度の入学試験を行った。なお、昭和41(1966)年度より、博士課程学生の定員も1部門当たり1名に改められた。

その後各研究科の入学者は年々増加し続けた。化学研究所に大学院制度が導入された昭和38年度より平成6年度に至る大学院各研究科の在籍者数を、表15-3に示す。総数は約3倍にもなっていることが分かる。

第4項 管理と運営

1. 決議機関と運営機関

創立当時、化学研究所に関する重要な事項を審議するために化学研究所商議員会が置かれ(大正15年11月26日制定)、教授喜多源逸、前田鼎、大杉繁、堀場信吉、渡辺俊雄、近藤金助、志方益三、および助教授松宮馨、ならびに書記官鈴木信太郎、事務官西信忠が第1期の商議員となった。

これと同時に、化学研究所の常務に関する重要事項を審議するために化学研究所常任委員会規程が定められ、研究所の運営は主としてこの常任委員会によって執り行われた。上記商議員は、この常任委員と本部関係事務官若干名とから構成されたものである。一方、常任委員会は学内関係学部教授1名、所員若干名、および本部事務官2名からなるものであったが、昭和15(1940)年制度が改正されて、医、理、工、農各学科において教授である所員中から3名ずつを互選することになった。この規程はその後、昭和23(1948)

年になってさらに「常任委員は専任教授と研究室主任である併任教授とする」と改められた。この改定規程は以後約20年間にわたって実施された。商議員会は昭和24(1949)年新制度の公布と同時に、自然廃止となった。

ところが、化学研究所の運営が専任ならびに併任の教授全員による決議に基づいて行われていることに鑑み、創立以来用いられてきた「常任委員会」という名称は不適當であるという声が高まり、昭和39(1964)年5月、これを「教授会」という名称に改めることを決議するとともに、化学研究所規程を起案し、昭和41(1966)年評議会における承認を得て、昭和42(1967)年1月1日よりこの規程を実施することになった。これに付随して、所長選考規程や教授会内規、その他の制度に関する規程が全面的に改定され、今日に至っている。

2. 経 費

大正14(1925)年、第51帝国議会上に上程された大正15年度「文部省所管予定経費要求書説明」における歳出の臨時部に、「京都帝国大学理学部附属化学特別研究所拡充費」の費目として、15年度分として5万1,801円、大正15～17年度の継続経費として総額21万1,801円が計上された。その理由説明には、「本邦産業及軍事上最モ必要ヲ痛感スル毒瓦斯、防腐防虫剤、爆発性物質及塗料等、特殊薬品ノ研究ニ従事セシメントスル」と記されている。

化学研究所の経費は、創立当初の大正15(1926)年以来第2次大戦終結時の昭和21(1946)年までは政府支出金のほか、収入金支弁によっていたが、この収入金支弁には化学研究所製品ならびに試作品私下規程に基づく収入のほか本部支出金が含まれていた。化学研究所の収入金に対して、サヴィオール類の製造研究と検定の事業が占めていた比率は極めて大きく、年間数万円にもなっていたと考えられる。これは、製造研究を担当していた内野研究室の規模が、所内最大であり、昭和8(1933)年に18名、10年に20名、12年に25名、14年には28名もいたのに加えて、サヴィオールの検定に携わる嘱託が10名もいたことからもうかがえる。堀場研究室で開発された膠質医薬も、昭和7

第15章 化学研究所

(1932)年より販売され、収入金として貢献が大きかった。このほかに船底塗料が民間で工業化されたこともあり、堀場研究室における人員の推移は、昭和8年に18名、10年に22名、12年に19名、14年に18名であった。これら両研究室に続いて、喜多研究室と志方研究室において、工業化の研究と、その製品化を試みて成功している。

この収入金支弁制度は以後廃止され、経費は全額政府支出金によることになった。この制度は、今日もなお維持されている。表15-4に昭和29年より平成5年現在に至るまでの経費の変遷を、年次決算記録に基づいて示す。

表15-4 化学研究所年次経費(昭和29～平成5年度)

(単位：千円)

区 分	人 件 費	物 件 費	科学研究費	奨学寄付金	合 計
昭和29年度	39,178	24,208	15,480		78,866
昭和30年度	40,481	33,520	19,480		93,481
昭和31年度	40,461	43,860	10,780		95,101
昭和32年度	47,038	37,767	370		85,175
昭和33年度	49,908	48,421	13,970		112,299
昭和34年度	59,395	56,363	7,210		122,968
昭和35年度	60,948	56,996	3,180		121,124
昭和36年度	81,670	57,551	2,070		141,291
昭和37年度	84,928	77,924	3,240		166,092
昭和38年度	96,943	126,881	16,820		240,644
昭和39年度	108,016	106,244	5,600		219,860
昭和40年度	126,447	116,913	10,314	570	254,244
昭和41年度	136,801	125,445	3,380	380	266,006
昭和42年度	146,722	149,909	3,670	1,320	301,621
昭和43年度	183,187	201,059	32,140	12,097	428,483
昭和44年度	213,127	213,969	33,865	8,650	469,611
昭和45年度	239,212	275,012	11,280	7,313	532,817
昭和46年度	308,231	224,210	17,490	5,420	555,351
昭和47年度	311,424	231,381	22,535	6,641	571,981
昭和48年度	356,419	234,541	51,762	5,200	647,922
昭和49年度	489,353	267,769	44,600	8,398	810,120
昭和50年度	564,199	425,212	43,370	7,890	1,040,671
昭和51年度	627,264	415,908	60,060	7,844	1,111,076
昭和52年度	755,528	458,432	42,350	7,381	1,263,691

第1節 総 記

昭和53年度	734,965	450,959	73,680	12,893	1,272,497
昭和54年度	783,531	532,728	85,890	12,274	1,414,423
昭和55年度	887,069	705,481	64,459	18,567	1,675,576
昭和56年度	760,610	702,090	98,370	20,523	1,581,593
昭和57年度	790,948	635,255	163,800	28,001	1,618,004
昭和58年度	828,424	634,643	158,300	37,894	1,659,261
昭和59年度	862,078	887,806	140,500	44,872	1,935,256
昭和60年度	881,791	764,625	94,800	51,030	1,792,246
昭和61年度	1,014,707	753,064	101,400	73,458	1,942,629
昭和62年度	985,842	1,065,716	100,400	96,463	2,248,421
昭和63年度	974,568	1,003,326	156,350	84,692	2,218,936
平成元年度	1,120,379	668,491	221,350	98,565	2,108,785
平成2年度	1,131,246	738,418	225,900	91,396	2,186,960
平成3年度	1,218,843	786,151	351,600	113,741	2,470,335
平成4年度	1,315,386	1,263,874	360,800	80,748	3,020,808
平成5年度	1,346,468	1,454,031	357,300	82,562	3,240,361

注 大正15～昭和28年度については、『京都大学七十年史』を参照のこと。

第5項 施 設

1. 創 立 当 時

大正15(1926)年の創立と同時に開始された研究は、前述の8所員(教授)の属する学部研究室で行われたが、サルバルサンの製造に関する研究は、元理化学部附属化学特別研究所の移管を受けて松宮(助教授)研究室において行われた。松宮研究室は、京都市左京区二本松町、現在の吉田キャンパス南東部にあり、敷地は2,110㎡、建物は630㎡であった。この研究室は、昭和14(1939)年に高槻サビオール(サルバルサン)製造研究室が竣工するまで使用された。

2. 高槻における研究所

新研究所の敷地については、第2回常任委員会(大正15年11月15日)以来数回にわたって協議された結果、鈴木信太郎書記官の提案により、新京阪(京阪神急行：現阪急)電鉄沿線の高槻に置くことに決定された。当時、京阪神急

行電鉄は大阪―高槻間が完成していたが、高槻―京都間は工事中であった。この決定に基づき、昭和2(1927)年10月大阪府三島郡磐手村字古曾部に、中井啓吉村長の斡旋により敷地4,500坪(1万4,850㎡)の買収を行い、昭和3(1928)年3月研究室本館の第1次建築工事に着手した。本工事が完成したのは、昭和4(1929)年5月であった。

その後敷地は次第に追加あるいは変更された。さらに、当時は京都大学本部構内および京都市左京区栗田口鳥居町(蹴上地区)にも敷地は分散して存在していた。

3. 宇治における研究所

当初の主体をなす高槻研究所は竣工以来40年を経、その間数次の増築工事を行いはしたが、部分的には老朽甚だしくなった。その上、組織の拡張により20部門にもなった研究室をここに収容するにはあまりにも狭く、5研究室は本部構内で建物を借用しなければならない状態に至った。それにもかかわらず、高槻の敷地は増築を行う余地も見当たらないほど手狭であるため、昭和32(1957)年武居三吉所長の時期に、新しい土地に移転し、今後の発展を図るべきであるとの議が起こり、候補地として宇治分校の跡地が挙げられた。しかし、当時は既に化学研究所において大学院生の受け入れが実質的に一部始まっており、その経験から、将来ますます重要になってくる大学院活動に備えて、むしろ大学本部近くへ移転すべきであるとの意見が強く、宇治地区への移転案は一時棚上げ状態にされて、京都地区で土地を求めようとする努力が続けられた。しかし、適地が見出されないまま時間が経過していた。ところが、昭和39(1964)年に至り、宇治地区に自然科学系(医学関係を除く)研究所を集めて総合的な研究機関とし、各研究所が有機的に連携をとりつつ発展すべきであるとの意見が盛り上がったのを機として、化学研究所内でも討議を重ねた結果、昭和39年5月常任委員会においてこれに同調することを決議した。その結果、京都大学の方針として工学(現：原子エネルギー)、木材(現：木質科学)、化学、食糧科学および防災の5研究所を宇治キャンパスに

集めて総合館を建設する計画が立てられ、昭和39年度の概算要求に加えられた。この計画は文部省の認めるところとなり、工学研究所(昭和40年度完成)および木材研究所(昭和41年度完成)に引き続き、昭和42(1967)年3月11日宇治地区において化学研究所の起工式が行われる運びとなった。新建築は高槻の土地建物をもって大阪医科大学と建交換(土地建物の売却代金で、建物の新築)をすることとなったが、これで不足する部分は文部省予算によって補充された。建築様式は既設の工学研究所や木材研究所と同じくカーテンウォール工法による鉄骨5階建てで、京都大学工学部建築学科教授棚橋諒の構想に基づくものである。図15-1に宇治地区における化学研究所関係の建物をそれぞれ示す。また、表15-5に、宇治地区における化学研究所関係の建物の変遷を一覧にして示す。なお、この移転に伴って、化学研究所が本部構内で借用していた建物はすべて返還され、事務室も含めた全研究室が宇治地区へ統合されたが、京都市左京区(蹴上地区)にあった原子核科学研究施設だけは、ずっと後の平成元(1989)年に宇治地区へ移転統合されるまで、蹴上地区に存続した。

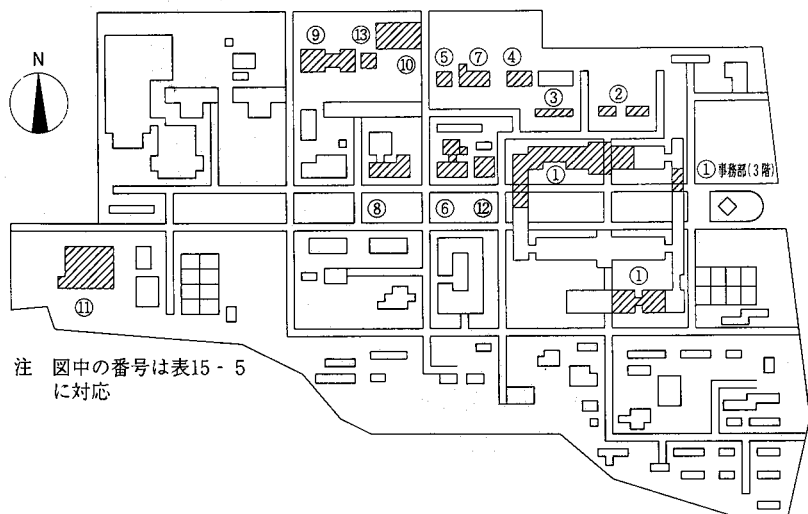


図15-1 宇治地区における化学研究所の建物(平成6年現在)

第15章 化学研究所

表15-5 宇治地区における化学研究所の建物の変遷

建物番号	名 称	構 造	棟 数	延べ面積	竣 工 時 期
1	研 究 所 本 館	鉄骨造	5 階建 1 棟	12,969㎡	昭和42年12月14日 昭和54年 2 月10日 昭和59年 6 月15日
2	窯業化学実験工場	煉瓦造	平屋建 2 棟	323㎡	明治28年（借用： 大蔵省所管建物）
3	合成繊維中間試験場	鉄筋造	平屋建 1 棟	420㎡	昭和13年（借用： 大蔵省所管建物）
4	高压化学実験工場	鉄筋造	平屋建 1 棟	421㎡	昭和14年（借用： 大蔵省所管建物）
5	中央実験工作場	鉄筋造	平屋建 1 棟	231㎡	昭和15年（昭和43 年大蔵省より所管 換え）
6	超高压電子顕微鏡室 極低温超分解能電子 顕微鏡室	鉄筋造	2 階建 1 棟	586㎡	昭和40年 3 月10日 昭和48年 3 月26日
7	高分子分離学中間試験工場 高分子構造実験工場	鉄骨造	平屋建 1 棟	479㎡	昭和43年 3 月30日 昭和50年11月10日
8	極低温物性化学実験 室	鉄筋造	平屋建 1 棟	760㎡	昭和46年 3 月31日
9	核酸情報解析施設	鉄筋造	2 階建 1 棟	1,207㎡	昭和55年 3 月22日 昭和58年 3 月 7 日
10	材料調整解析棟	鉄骨造	平屋建 1 棟	540㎡	昭和60年 7 月22日
11	原子核科学研究施設	鉄筋造	2 階建 1 棟	2,668㎡	昭和63年 9 月20日
12	超高分解能電子顕微 鏡棟	鉄筋造	4 階建 1 棟	913㎡	平成元年 2 月20日
13	情 報 研 究 棟	鉄骨造	2 階建 1 棟	496㎡	平成 3 年11月29日

注 建物番号は、図15-1を参照のこと。京都地区（京都市左京区栗田口鳥居町）の原子核科学研究施設（1,451㎡、40㎡）の建物は、平成 2 年 3 月31日に京都市および関西電力株式会社へ返還。なお、高槻地区および京都地区（本部構内および市内左京区）の敷地および建物については、『京都大学七十年史』および『化研要覧（昭和61年）』を参照のこと。

第2節 研究活動の展開

第1項 構造解析基礎研究部門

1. 第1領域

化学研究所において放射性同位元素を用いた研究を行うため、昭和32(1957)年に清水研究室(核放射線研究部門)が設置され、当初は医学部附属病院構内の実験室で放射性同位元素による原子核物理学の研究を行ってきた。その後京都大学における物理学、化学、生物学、医学等の分野での放射性同位元素の利用が増加するにつれて、昭和35(1960)年北部構内に新しい研究棟が建てられ、化学研究所の管理のもとに放射性同位元素総合研究室として全学共同利用に供されることとなり、核放射線研究部門は放射化学研究部門と協力してその実質的な運営に関わってきた。放射性同位元素総合研究室は昭和46(1971)年に発展的に改組され、放射性同位元素総合センターとして化学研究所から独立し京都大学直轄の学内共同利用施設となったが、清水研究室は引き続き同センター内で化学研究所核放射線研究部門として研究を続けた。研究内容は当初の主として β 線や γ 線の測定による核分光學から、核と核外電子の相互作用の研究に移り、内殻電子による陽電子の消滅、核崩壊定数に対する化学結合その他の外的条件の影響、核崩壊に伴う内殻電離現象等の高次の核遷移過程、メスバウワー効果、および極低温・超高压・超高速回転などの極端条件下の物理学等の研究へと発展していった。昭和54(1979)年清水榮教授の停年退官の後には研究室のスタッフによる共同運営のもとに平衡および非平衡超伝導現象、低エネルギー陽電子の気体分子による散乱、荷電粒子や核崩壊による内殻電子の電離現象の研究が行われた。昭和62(1987)

第15章 化学研究所

年に研究室は宇治構内に移転し、昭和63(1988)年には向山毅が教授に任ぜられた。平成4(1992)年の化学研究所の改組に伴い、核放射線研究部門は他の2部門とともに「構造解析基礎研究部門」を構成し、その第1研究領域を担うことになった。

研究室の宇治構内移転に伴い、当研究領域では研究内容を従来のような放射性同位元素を用いた実験から、X線や電子線、重荷電粒子衝撃による内殻電子の励起・電離現象に伴って放出される放射線を測定することによる原子・分子などのミクロ・レベルでの物質の電子状態の研究に移行した。

当研究領域で平成6年現在、行われている研究内容は以下のとおりである。

(1) X線分光

当研究領域では物質にX線、電子線その他の荷電粒子線を照射して放出される特性X線スペクトルを測定したり、物質のX線吸収スペクトルを観測することにより原子、分子、液体、固体などの電子状態を研究している。

回転対称極X線管を用いた高エネルギー分解能X線スペクトル測定装置を開発し、LX線の自然幅の測定、KおよびLX線の相対強度比の化学効果などの測定を行っている。また超軟X線用人工多層膜分光素子の性能評価も行っている。

一方、内殻軌道の吸収端近傍のエネルギースペクトルを詳細に解析することにより、光吸収によって2個以上の電子が励起される現象(1光子多電子遷移過程)も研究している。

(2) 放射線検出器の開発

新しい放射線検出器の開発およびそれらの検出器を応用して原子物理学、固体物性の実験的研究を行っている。1.75Kから800℃の広い温度領域に対応できる比例計数管を開発し、その技術をメスバウアー分光に応用して、極低温から高温までの分光測定を可能にした。この研究を延長して、より低い温度領域(0.3~4.2K)での分光測定が可能なヘリウム計数管を開発中である。

さらに100eV~60keVの広いエネルギー領域のX線、 γ 線の検出を可能

にする位置感应型比例計数管も開発している。この検出器は炭素細線を抵抗芯線として使用し、計数管ガスの封入も可能になるので、従来のX線回折装置等に使用されている位置検出器と比較して、その構造が単純かつ取り扱い操作も簡単になる。現在この位置感应型比例計数管を使って、放射性核種からのX線を精密測定する実験を行っている。またジョセフソン接合素子を応用して、超伝導放射線検出器の開発を目的として共同研究を行っている。

(3) 原子・分子の電子状態の理論的研究

原子については非相対論および相対論的に電子状態を計算し、X線放出確率、オージェ遷移確率、光吸収断面積、光電離断面積などを求めている。

分子の電子状態にはDX-X α 分子軌道法を用いている。計算法に改良を加えるとともに、形状共鳴などの分子の励起状態、X線の吸収端近傍での吸収スペクトルの微細構造(XANES)、分子によるX線の放出確率、光電子スペクトル(XPS)の計算を行っている。また相対論的DV-X α 法を用いて化学結合の相対論効果を研究している。

(4) γ 線照射装置

昭和32(1957)年に西部構内に2,300Ciの ^{60}Co - γ 線照射装置が設置された。この装置は昭和44(1969)年に現在の放射性同位元素総合センター内に2,000Ciの照射装置として移転更新され、今日に至るまで当領域の管理のもとで学内共同利用施設として利用されている。

2. 第2領域

昭和22(1947)年に堀場研究室を引き継いだ後藤廉平研究室においてコロイドの触媒作用や粉体の粒子径測定法の開発等を行っていた水渡英二らのグループは、昭和27(1952)年に後藤研究室より独立し、粉体化学研究室を創設した。この研究室は、化学研究所に部門制が敷かれた昭和39(1964)年に、粉体化学研究部門となり、平成4(1992)年化学研究所の全面改組に伴う大部門制への移行措置で改名されるまでの約40年間にわたって物理化学の1分野であ

る結晶化学の発展に寄与しつつ、植田夏(在任昭和50～63年)、次いで小林隆史(在任昭和63年～)によって継承され、現在の領域に至っている。この間、当研究領域では微粉体工学に関する研究が行われ、同時に電子顕微鏡学と結晶に関する広範な研究も活発に行われ、現在まで継続されている。水渡らは昭和25(1950)年に、いまだ揺籃期にあった電子顕微鏡をいち早く導入し、これを用いてコロイドの粒子形態の観察、微粉体構成粒子の粒子サイズの決定、あるいは粒子形態とその凝集状態の観察等を行い、とりわけゴム中に添加されたカーボンブラックや炭酸カルシウム等のフィラーの分散状態の観察に成功し、高い評価を受けた。これらと並行して、電子顕微鏡に電子線回折の機能を付加するとともに X 線回折装置を導入、結晶成長やコロイド粒子の結晶学的研究等も行ってきた。昭和28(1953)年堀尾正雄研究室の小林恵之助に協力し、京大本部に30万 V 超高圧電子顕微鏡を建設、これはその後35万 V に改造され、さらに昭和41(1966)年50万 V 電子顕微鏡として宇治構内に移された。

この間研究対象は各種化合物蒸着薄膜の構造と成長機構、格子欠陥の導入機構、あるいは有機結晶の相転移やエピタキシャル有機薄膜の成長と反応等結晶化学の広い範囲に広げられた。とりわけ高分解能電子顕微鏡を用いて、多数の回折波を結像に関与させる多波合成法を開発し、結晶内に規則正しく配列した分子像の観察に成功したことは特筆に値する。これより後、高分解能像とはすなわち「多波合成による構造像」を意味することが国際的常識となり、原子像の直接観察にまで発展した。この手法をさらに発展させるため、50万 V 極低温超高分解能電子顕微鏡が昭和49(1974)年に設置され、世界最高の分解能0.14nm を達成、これによって分子像を撮影し、分子とそれを形成している原子の規則正しい配置をも直接視覚的に捉えた。次いで0.1 nm 分解能の実現と新たな機能開発を目指して平成元(1989)年100万 V 電子線分光型超高分解能電子顕微鏡が建設された。この顕微鏡の特徴は、①世界最高の分解能を持つ、②イメージングプレートを採用している、③特定元素を選択的に結像できる機能を持つ。この新型電子顕微鏡により、従来疑問視

されていた0.1nmの分解能が現在の技術でも可能であることを実証した。また、すべての情報がデジタル値として得られるため、スーパーコンピュータやワークステーションとの併用により画像処理も容易に行える。またエネルギー損失スペクトルから超マイクロ試料の組成分析のほか、バンド構造、結合状態、金属原子の周りの配位子の配置状態等、電子状態の解析等もできる。これによってこれまでとまったく質の異なった新たな研究分野が広がった。これらを用いて現在当研究領域で行われている研究テーマについて以下に述べる。

(1) 有機超薄膜の成長と構造

単結晶表面にエピタキシャル成長させた、厚さ2～3分子層の有機超薄膜の成長過程と構造を調べるとともに、下地と薄膜の界面構造、相互作用を調べ、機能的配向性薄膜の作成を目指した研究。

(2) 有機結晶の格子欠陥

有機結晶はそれを構成している分子の形や性質が多様であるため、格子欠陥も多様性に富む。このような格子欠陥の構造を分子像直接観察法によって明らかにするとともに、結晶の反応や物性への影響との関連を明らかにしようとする研究。

(3) 電子線結晶学の確立

X線回折法が適用できない微小な結晶や薄膜結晶の構造解析も、電子顕微鏡と結合した電子線回折法を用いると可能である。これまでは定量的取り扱いに問題があった回折強度の測定を、イメージングプレートやスロースキャンCCDカメラを用いることで解決し、スーパーコンピュータによる構造の即時解析を目指している。

(4) 超高分解能分光型電子顕微鏡のコンピューター制御と情報処理の自動化

複雑な操作を必要とする装置をコンピューターで制御し、ユーザーの負担を軽減し、使い易くするとともに、高倍率に伴う画質の低下を画像処理によって回復させるための研究。

(5) 電子線エネルギー損失スペクトルを用いた微量試料の総合的分析

電子顕微鏡下に拡大観察される微量試料あるいは微小領域を選択し、そのエネルギー損失スペクトルを測定、解析することにより超微量試料の分析、極限的には単一原子の分析を行う手法の開発を行う。また、スペクトルから特定エネルギー部分を選び出して結像させるエネルギー選択像の高分解能化を図り、高分解能分子像において分子構成原子の原子種識別の可能性を追究する。また、特定原子の結合状態や結晶状態の差も検出するなど、超ミクロ結晶の総合的解析を目指している。

3. 第 3 領域

高分子結晶の電子顕微鏡学的研究、高分子固体構造と物性との関連、および高分子の構造形成過程の研究に目的を絞り、昭和40(1965)年10月に高分子結晶学研究部門が化学研究所に設置され、小林恵之助助教授が昇任し担当教授に任ぜられた。研究手段としては電子線、X線、光を用いた回折的方法および電子顕微鏡法が中心であり、例えば電子線回折によって、ポリエチレン球晶がラメラ晶よりなり、分子鎖がその板面に垂直に折りたたまれて充填していることを明らかにするなど多くの世界に先駆ける研究成果をあげている。特に電子顕微鏡(電顕)については、加速電圧300kV および500kV の2基の超高電圧電顕製作の経験を生かし、分解能0.14nm を有する500kV の極低温超高分解能電子顕微鏡(JEM-500)を昭和49(1974)年3月に完成させた。これを用いて粉体化学研究部門担当の植田夏教授との共同で、塩素化銅フタロシアニンの分子像の撮影に成功した。昭和52(1977)年4月に小林教授が停年退官したが、翌昭和53(1978)年1月に片山健一助教授が昇任し、高分子結晶学研究部門の担当教授に任ぜられた。それまでの研究が引き継がれ、高分子の構造形成・変形過程の研究では、X線テレビ法や偏光光散乱法を用いて構造変化を時系列的に追跡することを試み、ポリエチレン固体の延伸過程や高分子融液の配向結晶化過程の研究をはじめとして数多くの成果を収めている。その後、PSPC(位置感応型比例計数管)X線計測システムを導入し、高分

子単結晶の熱処理厚化の機構を明らかにした。新たに高分子の構造制御の研究が始められ、さらに、IP(イメージングプレート)を装着した2次元X線計測システムを導入し、回折あるいは散乱図形の時間変化を定量的に追跡する試みも開始された。一方、電顕の分野では、昭和57(1982)年にPPX(ポリパラキシリレン) β 型単結晶を試料とし、JEM-500を用いて高分子単結晶を構成している個々の分子システムの解像に世界に先駆けて成功した。 β 型PPX結晶は構造が複雑であるためそれまでは構造解析が困難であったが、高分解能電顕像から得た構造情報を出発点としてその結晶構造解析に成功し、改めて高分解能電顕の威力を世界に示した。その後、種々の高分子単結晶や結晶性薄膜試料で格子像や分子鎖像が得られ、積層欠陥や小傾角粒界が高分子結晶において初めて分子レベルで解像されるなど、結晶性高分子固体の局所的微細構造に関する幾多の知見が得られている。平成3(1991)年3月に片山教授が停年退官し、さらに翌平成4(1992)年には、化学研究所の改組に伴って高分子結晶学研究部門は粉体化学研究部門や核放射線研究部門とともに、物質の構造と電子状態の解析を目的とする「構造解析基礎研究部門」を構成し、その第3研究領域を担うことになった。

平成5(1993)年4月に鞠谷信三教授が就任し、この第3研究領域を担当することになったが、結晶性高分子固体のみならず、高分子ゲルやエラストマー、高分子液晶ならびに非晶性高分子固体や複合体にまでその研究対象が拡大され、現在に至っている。

平成6年現在、当研究領域で行われている研究内容を以下に述べる。

(1) 高分子複合材料の合成と構造解析

ゾルーゲル法を用いて有機／無機ハイブリッドゲルの合成を行うとともに、時分割小角X線散乱測定ならびに動的粘弾性測定による反応の経時変化の追跡によって、ゲルの形成過程の詳細を調べている。また、熱的測定、分光光学測定および力学特性評価を行い、生成ポリマーの構造と物性の相関の解明を目指している。

(2) エラストマー材料の作製と特性化

第15章 化学研究所

本領域では、ゴムの分子設計から出発して、重合、高分子反応、あるいはポリマー表面の化学修飾などの手法により機能性に必要な官能基をゴム分子に導入することにより、機能性エラストマーを作製している。液晶性、イオン伝導性、生体適合性などを評価するとともに、エラストマーとしての力学的性質を検討し、両者の相関および背反関係の解明に取り組んでいる。また、X線散乱・回折測定、電顕観察などによるフィラー充填エラストマーの構造解析を行い、高機能性発現のメカニズムの解明を目指している。

(3) 高分子の結晶構造の直接観察

高分解能電顕を用いて高分子結晶を分子レベルの解像度で直接観察することによって構造解析を行っている。試料を4.2Kに冷却すると電子線損傷が室温の10分の1以下に軽減されるので、この目的で本年度に新たに導入された400kVの高分解能クライオ電顕も駆使し、例えばポリパラオキシベンゾエートのウイスカー結晶の構造解析や、シンジオタクチックポリスチレン単結晶中に存在する積層欠陥の構造解析ならびに生長温度や熱処理温度による欠陥量の増減を調べている。

(4) 結晶性高分子固体の構造変化の動的研究

IPを装着した2次元X線計測システムを用いて、結晶性高分子固体の構造変化の動的な研究を目指している。すなわち、結晶性高分子固体を延伸あるいは加熱するとき、また、固相重合過程などで起きるX線回折図の変化を時系列として測定し、構造変化の定量的な解析を行っている。

第2項 界面物性研究部門

1. 第1領域

当領域は化学研究所創立時の昭和4(1929)年に設置された堀場研究室に端を発する。堀場信吉教授は理学部化学教室第1講座を担当する兼任教授である。また堀場教授の先代の大幸勇吉教授は大正8(1919)年1月から翌9年9月まで、化研の前身である理学部化学教室附属化学特別研究所の監督を務め

たことから、化研の設立に少なからぬ因縁がある。堀場研究室では、大幸教授が晩年に招いた白系ロシア人フォン・ワイマルン(Von Weimarn)の影響で始められたコロイド化学関係の研究の成果を医薬や塗料に応用する試みが進められた。具体的には、種々の油脂中に金、銀、水銀あるいは銅などの金属や、その酸化物をコロイド状に分散して得られるオルガノゾルの研究が中心で、多くの製法特許を得た。そのうち、白檀油の銀ゾルは各種皮膚病に有効であり、大風子油の金ゾルはハンセン病に有効であることが示され、昭和6(1931)年には膠質医薬製造工場、またこれに関連して昭和9年には過硼酸曹達電解製造工場が建設された。昭和10年には、研究員数が22名と所内最大の規模を誇った。また、銅および水銀コロイドは、貝類の付着を抑えるための船底塗料として用いられることとなる。昭和15年には塗料工場が建設され、製造が開始された。これと並行して不均一触媒反応や気体爆発反応の基礎的研究も行われた。研究員数は昭和18年には26名を数えた。堀場教授退官の後をうけた後藤研究室(昭和22年)では、コロイド化学の応用研究から、基礎研究へと移行していく。界面活性剤水溶液の性質や界面活性剤と染料の相互作用に関する研究が行われるとともに、アスファルトやベントナイト等のコロイド分散系のレオロジー的性質が調べられた。一方、種々の有機極性分子の誘電率測定も精力的に行われた。昭和27(1952)年には、粉体の電子顕微鏡による観察を主体とする水渡研究室が分離独立する。昭和31(1956)年にパーキンエルマー21型分光器が導入されてからは、赤外分光法を用いた界面活性剤分子、高分子、分子性結晶などの構造化学的研究が進められることになる。一方、電解質水溶液中における水銀滴の合一条件が検討され、コロイドの凝集理論が検証されるとともに、界面活性剤を含む油水界面での電気毛管現象についても研究が行われた。昭和39年からは、部門制が敷かれ、後藤研究室はコロイド化学研究部門となる。

赤外分光器室は、昭和31(1956)年に工学部燃料化学教室の建物の一角(現：保健診療所)に設置され、各部局からの赤外測定依頼に応えることになった。さらに、昭和34年には高槻でも所内の測定が開始された。依頼件数は

多いときで年間それぞれ3,000件を超した。昭和40(1965)年には本部での依頼測定が使命を終え、昭和43年の宇治移転とともに、実験工場の分も合わせて、5スパンの赤外分光器室が完成し、引き続き依頼者の便に資することになり、現在に至っている。後藤教授退官の後、昭和46(1971)年に部門を継承した竹中亨教授は、昭和50(1975)年には部門名を界面化学研究部門と変更し、以後界面化学的課題を中心とした研究を進めることとなる。LB膜(ラングミュアー=プロジェクト膜)の研究は、赤外全反射法を用いることから始まったが、昭和57年に導入されたニコレー6000C型フーリエ変換赤外分光器の使用により、感度は飛躍的に向上し、ステアリン酸LB膜の一層ごとのスペクトル測定が可能となり、特に一層目とそれ以外の層とでは構造や配向が顕著に異なることが明らかとなった。さらに非対称LB膜の焦電性と機能の相関も明らかにされた。一方、LB膜の面内方向の欠陥構造の研究が電子顕微鏡の暗視野像を使って進められた。また、油-水界面や気-水界面に吸着あるいは展開した界面活性物質の単分子膜のラマンスペクトルが、全反射共鳴ラマン法を用いて初めて測定され、バルク状態と大きく異なる構造や凝集形態をとることが確認され、世界の注目を浴びた。この間、界面活性物質の水和結晶中での水分子の配向状態や生体膜関連物質の相転移挙動、その水との関わりなどが研究された。また、水銀表面を用いたタンパク質の2次元結晶化の仕事も成功裡に進められた。脂肪酸結晶中の環状2量体に見られる水素同時移動の研究が系統的に進められるとともに、全自由度の下での分子動力学的計算が行われ、各種状態下での振動スペクトルの強度・線幅・波数がよく再現された。平成4(1992)年からは化研の大部門制移行に伴い、界面化学部門も界面物性研究部門の第1領域として、その使命を担うようになる。竹中教授退官の後をうけて着任(平成6年)した中原勝教授は、溶液論が専門で、溶液中のイオン、分子の拡散過程のダイナミックスに関する研究を、NMR(核磁気共鳴)を中心とした手法で推し進めようとしている。

2. 第2領域

電気材料に関する基礎・応用研究を目標とし、化学物質の構造と電磁場のもとの電気的特性との関係を研究するため、昭和18(1943)年、阿部清教授が主宰する阿部研究室が設置された。そこでは戦時中に高周波磁器材料、酸化物半導体などの加工について研究されたが、昭和23(1948)年頃からチタン酸バリウムを中心とする強誘電性材料およびフェライトの製法と応用に関する研究が始まった。昭和30(1955)年、阿部の停年退官ののち田中哲郎教授が主任となった田中研究室では、これを引き継いで強誘電性磁器の実用化研究を進め、わが国の電気材料の技術開発に大きく貢献した。一方、昭和37(1962)年に小泉研究室が開かれ、翌昭和38年、田中の工学部転出による田中研究室の廃止後は、電気材料の研究を小泉研究室が実質的に引き継いだ。そして、昭和39(1964)年の研究部門制発足に際し、小泉直一教授が担当する電気材料研究部門としてこれを受け、高分子の誘電分極と緩和、不均質構造を持つ系の誘電特性、誘電測定法の開発など、独創性の高い電気材料の誘電的研究が進められた。昭和60(1985)年に小泉が停年退官し、同年、当該部門の担当となった花井哲也教授は、界面現象や生体物質にまで誘電的研究の対象を広げ、平成3(1991)年に停年退官した。電気材料研究部門は、平成4(1992)年の化学研究所の改組に伴い、界面化学および放射化学両研究部門とともに、種々の界面の構造や物性を主な研究対象とする「界面物性研究部門」を構成し、その第2領域を担うことになった。

この改組の直後、佐藤直樹が界面物性研究部門第2領域の教授として任ぜられ、旧研究部門以来の誘電的研究と並行して、「分子素子」を目指す時代の要請にも適合すべく、新たに分子性固体の電子物性研究を開始した。両研究は、分子集合体の構造－物性相関を実験手法の開発を交えて解明に導く姿勢に共通点を持つが、今後、高次の光電機能を備えた新分子性物質の創造を目指す物性化学研究が、当研究領域の研究動向に重みを増すことになろう。

平成6年現在、当領域で進めている研究のやや詳細な内容を以下に述べ

る。

(1) 光電子分光法による分子集合体とその表面・界面の電子構造研究

有機半導体分子・高分子の種々の凝縮相における構造と電子的性質との相関を調べるため、そのバルクや表面の価電子構造を紫外光電子分光法により観測している。凝縮に伴う分子のエネルギー緩和に注目すると、分子間結合力ないし系内の電子非局在性に基づいて、有機固体が弱結合系と強結合系およびその中間のメソ結合系に分類できることをこれまでに明らかにした。この方向での研究はさらに金属錯体にまで拡張しつつある。なお、分子集合体の電子物性発現に際し価電子構造と同等以上に重要な空準位の電子構造について、直接観測を可能とする低速電子励起発光に基づく測定装置を開発しつつある。

(2) 分子性薄膜とその界面における化学構造と電子構造との相関研究

芳香族分子や一部の金属錯体分子の蒸着薄膜について、配向を含む分子集合形態と価電子構造との相関に注目して研究を進めている。その延長上には、電子的特性の異なる分子を交互累積して新たな光電変換素子を導く機能性薄膜の作成とその基礎物性研究がある。また、系の電子物性を支配する分子性薄膜の表面・界面における電子現象の解明も目指している。

(3) 新しい電子物性発現につながり得る有機固相反応の研究

分子集合体中の結合や電子構造の顕著な変化が新規電子物性の発現や制御に導く系の開発を念頭に置き、有機固相反応に関する研究を進めている。例えば、液晶性ジアセチレンを設計・合成して、それが異なる条件下で起こす重合や特異な凝集状態を発見し、各々の機構を解明しつつある。

(4) 特徴的な構造を持つ有機分子の設計・合成および電子物性研究

高次の電子的特性や付加価値を持つ新分子性物質の創出を目指し、特異な構造や結合を持つ分子や錯体を特徴的な集合化に導く方向での分子設計・合成と、その凝縮相での物性測定を行っている。

(5) 物質の不均質構造に基づく誘電特性に関する研究

物質中の様々な不均質構造に基づく誘電緩和を広い周波数領域で捉える誘

電スペクトロスコピーにより、系の準巨視的な構造解析を進めている。これまで、水溶液中の物質分離膜、脂質2分子膜、マイクロカプセル分散系などについて、全系や構成成分の構造・形態、成分相や界面近傍の電気的特性、構成分子の集合状態などを調べてきた。この手法は生体物質やその挙動の計測にも有効なため、生物細胞の形態、生体膜および界面の構造とイオン透過機能との相関などの研究にも利用している。さらに高圧力下での生物細胞の挙動についても、本方法の適用により正確に把握できることが示せた。また、分子集合体のミクロレベルでの挙動を直接観測するため、微小電極と高精度誘電緩和測定を走査型顕微鏡に組み合わせた新しい実験手法として、走査型誘電顕微鏡を開発している。

(6) 分子運動と誘電的性質との相関についての研究

凝縮相の誘電特性や各種相関係数を分子動力学法に基づくシミュレーションにより計算し、凝縮体の誘電的性質と協同的な分子運動などとの相関について研究している。

3. 第3領域

昭和17(1942)年に石橋研究室が設置されて海洋化学、分析化学の研究が進められ、昭和34(1959)年石橋雅義教授の停年退官に至るまでこれらの研究は続けられた。この間昭和32(1957)年に重松研究室が発足している。重松研究室ではビキニの灰の分析を踏まえて、放射性核種の分離分析の研究、これらを基礎にして石橋研究室から引き継がれた海洋化学の研究、および放射性核種などの排水処理に関する研究を進めた。昭和39(1964)年の研究部門制への移行に伴い、重松研究室は放射化学研究部門と改めた。大学院生の研究への協力体制が整備されるにつれて、研究活動は無機化学種の液・液分配、固・液分配およびこれを基礎とする分析化学・放射化学への適用が中心となった。昭和55(1980)年に重松恒信教授が停年退官となり、その後任として昭和57(1982)年に松井正和が放射化学研究部門を担当した。平成4(1992)年化学研究所は全面的に大部門制へ移行し、これに伴い放射化学部門は他の2領域

とともに「界面物性研究部門」を構成した。すなわち選択的錯生成反応(分子認識)系の創製とその機能を解析し、これを他の化学の分野に適用することを目的としている。選択的錯生成反応の高度化は分離化学、分析化学のみならず、地球化学、環境化学関連化学種の地球規模における静態、動態、希元素、核燃料再処理などの工業的分離、精製、膜輸送など生体関連反応、重金属解毒剤などの医薬設計など広範な分野の基礎となる反応であり、これらへの適用を視野として捉えながら研究を進めている。現在(平成6年)の主な研究は次のとおりである。

(1) 選択的錯生成(分子認識)系の構築

① 選択的配位子設計原理の解明と分離機能の解析

これまでに、 β -ジケトン系を用い、その配位原子間距離がイオンサイズを認識する第1の因子であることを解明し、また、分子内接触に基づく歪みエネルギーの増大が重要な因子であることを見出している。引き続いて、分子間接触、溶媒和などの因子についても研究を続けている。

② 有機金属種、長寿命放射性核種などの化学種の地球・環境動態の研究

水圏における微量元素の挙動を化学的に考察するためには、溶存種の同定、分別定量が不可欠である。そこで、Ge、As、Sn、Pb、Hg等の有機金属化合物(金属-炭素の直接結合を含む化合物)を対象とし、これらの化合物の水溶液内化学反応に関する基礎的な研究、正確な分別定量法の開発、そのフィールドへの適用を通して、有機金属化合物の水圏における動態を明らかにしている。さらに長寿命放射性核種など、超微量元素の地球規模における静態、動態の研究を進めている。

③ 選択的錯生成系の創製と液・液分配法など分離化学への適用

新奇なりガンドを設計合成し、液々分配法などへの適用を検討している。

④ 選択的錯生成系の他の化学への適用

稀土類元素をはじめ稀元素を中心に分子認識系を設計し、工学的分離、機能性錯体などの研究を進めている。

(2) イオンの膜透過反応に関する電気化学的研究

液膜、脂質2分子膜などでのイオン透過反応機構を電気化学理論および電気化学測定法に基づいて明らかにしている。また、イオン透過に伴う膜電位、膜電流の振動機構、イオン透過と液・膜界面での酸化還元反応の相関作用などに関する新理論を実証中である。

(3) アクチノイドイオンの溶液、電気化学的研究

カラム電極電解法、液・液界面イオン移動ボルタンメトリーなどの新しく開発した電気化学測定法によって、溶液中のウラン、ネプツニウム、プルトニウムイオンの酸化還元反応の研究、新酸化状態別定量法のアクチノイドイオン選択性電極の開発などを行っている。

(4) 生命起源物質の非生物的合成

従来、生命起源物質の非生物的合成はメタン、水素を含む還元的雰囲気でのみ可能とされてきたが、二酸化炭素、酸素を含む酸化的雰囲気でもこれが可能であることを実証した。現在、合成機構、合成条件などの詳細を検討中である。

(5) 化学系における非線形現象について

自然界における平衡状態および非平衡状態におかれた系の性質を検討することが、自然を理解する上で欠かせない。非平衡状態にある非線形系の挙動は複雑であり、直感的に予測したり、測定結果から正しく帰納することが非常に難しい。本研究は、化学反応系の非線形現象を理解することを目的としており、そのために計算機によるシミュレーションを利用している。この方法を用いれば、非線形性を発生する反応機構の推定と多様な非線形挙動を明確にすることなどが可能である。現在のところ、外部から刺激(摂動)を受けた反応系の挙動を調べている。シミュレートされた挙動には引き込み現象、カオスの発生などの様々な分岐現象が見られる。実験的にもこれらのうちのいくつかの現象が知られている。このような複雑な挙動を解析的に予測できる手法の確立こそ重要である。

(6) 京都大学宇治地区より排出される水は関連諸法により厳しく規制されている。当領域ではこの排出水のモニターを担当しており、鈴木みつ子が計

測を行っている。

第3項 無機素材化学研究部門

1. 第1領域

本領域の前身は初代所長近重教授の研究室である。近重研究室では銀を含む多元合金の金相学的研究が行われ、宇野研究室では金属内拡散現象ならびに工業用合金の研究、平田研究室ではX線や電子線による金属および合金の組織や内部歪み、電子状態などの研究が行われた。これらの研究は高木研究室に引き継がれ、金属結晶の成長機構の研究ならびに磁気化学の研究が進められたが、昭和38(1963)年、高田研究室がこれを引き継いで昭和39年磁性体部門となった。

磁性体部門では、種々の無機化合物、例えば遷移金属酸化物、水酸化物の合成を行い、その磁氣的性質をはじめとする物性の研究を進めてきた。特に、水溶液反応、気相反応および固相反応による新しい合成法の開拓、新材料の合成、メスバウアー効果を中心とした磁性体の研究に成果をあげてきた。これらの成果に基づいて昭和50(1975)年本研究所附属新無機合成開発施設が新設され、坂東尚周が担当し、主として気相成長による酸化物単結晶、および薄膜の合成と物性の研究を行った。

この附属施設は7年の時限立法のため昭和57(1982)年廃止となり、同年4月磁性体部門とともに新しく新機能材料研究部門(10年の時限立法)に転換した。この大部門は3領域1客員領域からなり、第1領域を高田利夫教授が、第2領域を坂東尚周教授が、第3領域を新庄輝也教授が担当した。第1領域の高田が昭和61(1986)年3月に停年退官となり、昭和62(1987)年に小久保正教授が第1領域を担当した。その後、平成4(1992)年3月末に小久保は工学部に転出した。客員領域では、各領域と協力して中性子回折、X線回折、核磁気共鳴吸収による人工格子の構造と磁性、高圧下の人工格子の構造変化、高分解能顕微鏡による生体材料の微細構造、分光学的手法による鉄塩水溶液

の構造、高圧および高酸素圧を用いるペロブスカイト型酸化物(特に酸化物高温超伝導体)の合成などの研究を行ってきた。

該部門は窯業化学研究部門とともに平成4年に化研の改組によって、無機素材化学研究部門に転換し、第1領域を新庄が担当することになった。

(1) 金属人工格子

人工格子は新物質作成法であるという観点に立った研究を世界に先駆けて推進してきた。1980年代前半には種々の人工格子の作成を試み、磁性層を単原子層とした試料による2次元磁性体の挙動の研究、異種金属が接する界面の相互拡散の評価などに成果をあげた。その過程で、超薄膜では界面効果による異方性の影響で膜面垂直を磁化容易方向とする可能性があることを発見した。

巨大磁気抵抗効果の発見の報告以後、当領域でもそれに関連した課題が大半となっている。抵抗増加の原因である反平行磁化配置の存在を中性子回折によって初めて直接的に確認した。当領域では抗磁力の異なる2種類の磁性層を含む非結合型人工格子を作成し、新しいメカニズムの磁気抵抗効果を実現した。磁気抵抗効果を基礎的に解明するには構造を高度に制御した結晶性の良い試料による測定が不可欠である。この目的のために、品質の高いエピタキシャル人工格子の生成に成功した。それらについての磁性および磁気抵抗測定から、磁性層間の相互作用は非磁性スペース層の厚さに敏感に依存し、約2原子層の周期で振動的に変化することを観測した。

稀土類金属と3d金属を組み合わせた人工格子から、従来の手法では得られない新しい磁性体が得られる可能性について検討した。3d金属Feに対し、可能なすべての稀土類元素を組み合わせた人工格子試料の作成を行い、磁性や磁気異方性に関する測定を行った。その結果、垂直異方性の出現する条件が系統的に明らかにされた。

(2) メスバウアー分光法

本領域では、メスバウアー分光を手段として、Feを構成成分とする種々の人工格子膜中のFeについてのメスバウアー分光測定を行ってきた。Fe/

稀土類人工格子ではスピン方向の観察を行い、垂直磁化の出現する組成と温度を調べた。Fe/Au 人工格子のような系では非常に薄い Fe 層を作成して 2 次元磁性の研究を行った。内部磁場分布の解析から界面での化学組成の変化を評価し、界面のラフネスの考察を行った。Fe/Mn や Fe/Sb の界面では Fe 層の上に Mn が付着する界面と Mn 層の上に Fe が付着する界面でその組成変化は著しく異なることを見出した。

また、Cu 層や Au 層の中に Sn 単原子層をプローブとして配置した試料を作成し、Sn 核の内部磁場を通して磁気スピンの存在を観測した。Au 層中の Sn には大きな内部磁場が観測され、非磁性層中にスピンの分極が存在することが確認された。さらに、Au 層の磁性を調べるため、Au 核のメスバウアー測定を大阪大学と協力して行った。巨大磁気抵抗効果を示す Fe/Ag グラニューラー系については Fe 核の測定から析出 Fe 粒子のサイズの評価を行った。

人工格子関連以外の種々の磁性体についてもメスバウアー分光法を利用し、特に極低温強磁場中の測定によって磁氣的構造を明らかにした。

(3) 極低温物性化学実験室

ヘリウム液化機(毎時50l)によって、宇治構内で必要な液体ヘリウムを製造し、蒸発ガスは回収精製して再利用している。実験室では各種低温実験が行われているが、SQUID とメスバウアー分光法による磁性の測定が中心である。希釈冷凍器による超低温度でのメスバウアー測定における最低温度は 0.005K である。

2. 第 2 領域

本領域は昭和50(1975)年4月に新設された新無機合成開発施設から始まる。この施設は7年の時限立法のもとに設立された。当時所長であった竹崎嘉真教授が施設長となり、昭和51年3月に坂東尚周が担当教授に就任した。昭和51年から施設長を高田利夫教授が併任、昭和54年から坂東が兼担した。この間化学輸送反応による不定比酸化物の単結晶合成とその反応機構の解明

ならびに反応性蒸着法による酸化物薄膜の作製と磁氣的性質の研究を行った。これら一連の気相からの無機物質の合成の研究によって、人工格子や超伝導薄膜などの新しい分野へと研究を展開することが可能になった。昭和57(1982)年3月新無機合成開発施設の廃止と同時に新機能材料研究部門が新設され、第2領域を担当することになった。さらに平成4(1992)年の改組によって無機素材化学研究部門第2領域の担当となった。

(1) 反応性蒸着法による酸化物薄膜の合成と物性

気相からの無機結晶の合成は本領域での中心的な研究課題である。新しい物質や材料の開発には原子、分子を制御した合成法が不可欠であるという視点から、本領域では以前から気体分子を制御できる気相合成法の研究を行い、反応性蒸着法という独自技術を開拓してきた。その結果、磁性酸化物薄膜のエピタキシャル成長に成功し、2種の酸化物を組み合わせた人工格子、さらに多くの成分を含む酸化物薄膜の合成へと研究が進展してきている。昭和61(1986)年に発見された酸化物高温超伝導体の基礎ならびに応用研究の試料として、エピタキシャル成長膜が不可欠なことが判明し、それが実現されるかどうかに関心が集まっていた。このような状況において、本領域ではこれまで開発を進めてきた反応性蒸着法を用いて、いち早く良質なエピタキシャル膜の合成に成功し、世界的に注目を集めた。続いて薄膜成長の機構を研究するため RHEED(表面高速電子回折)装置を蒸着機に設置し、酸化物の成長中での RHEED 振動を初めて観測し、それに基づいて酸化物の成長機構は単分子層の層状成長であることを明らかにした。このように単分子層の酸化物超伝導(厚さ12Å)を作製できるので、それを用いて、現在、超伝導を示す最小の単位、超伝導が現れる要因、および超伝導に対する電界効果などの先駆的な研究を行っている。また、種々の分子層や原子層を組み合わせて新しい物質を作製する努力も続けている。このほか、他大学と共同研究を行い、結晶性に優れ、高い転移温度を持つ超伝導薄膜を用いて、臨界電流密度、磁束のピン止め、特性長、2次元超伝導性など酸化物超伝導の本質的な特性を解明してきている。

酸化物薄膜作製技術は超伝導体のみならず、磁性体、強誘電体、イオン伝導体の材料開発にとっても重要で、これらの薄膜の合成、その結晶性と特性の関連を研究している。

(2) 酸化物超伝導体の合成と状態図の研究

本領域では超伝導バルク結晶の合成、状態図の研究などでも成果をあげてきた。高野幹夫らはBi系酸化物超伝導体のうち、最も高い転移温度を持つ化合物を単相として合成するには酸化鉛の添加が不可欠であることを見出した。酸化鉛はBi系酸化物超伝導体実用線材の製造に欠かせない添加物となっている。また彼らは高压合成が高温酸化物超伝導体の主役である銅-酸素正方格子面を安定化するのに最も有効であることを見出し、さらに高温酸化物超伝導体としては最も単純な構造で、成分数の少ない化合物の合成に成功した。それ以来、高压合成は超伝導体の新物質探索の手法として世界的に利用されるようになった。高野は現在本部門第3領域を担当している。

熱力学的に平衡な状態を実験的に決めた状態図は、合成研究における地図の役割をする重要な図である。その完成は長期間を必要とし、研究発表も地味なものになるので、敬遠されがちな研究テーマの1つである。本領域にはこのような状態図の研究を続けているグループがあり、これまで高温超伝導酸化物の成分(銅、バリウム、ストロンチウム、カルシウム、ビスマス、イットリウムの酸化物群)の3元系状態図を作成してきた。最近はより多成分な系へと研究を進めている。

3. 第3領域

新機能材料研究大部門の第1領域を担当した高田利夫教授は、昭和60(1985)年3月末に停年退官し、その後昭和62年4月1日より、小久保正教授が該領域を担当した。平成4(1992)年の改組により、該領域は無機素材化学研究部門第3領域となった。しかし平成4年3月末には、小久保教授が京都大学工学部工業化学科応用固体化学講座に転任し、平成5年度当初より高野幹夫が担当して現在に至っている。

(1) 生体活性セラミックス

当領域では、無機固体物質の生体活性を支配する因子を基礎的に追究し、人工材料が生体活性を示すための条件は、生体内でその表面に骨類似の炭酸イオン含有水酸アパタイトの層を作ることであり、同アパタイト層の生成は、物質表面の水和ケイ酸イオンにより誘起されることを明らかにした。この結果に基づき、がん温熱治療用のフェリ磁性生体活性セラミックス、骨充填用の生体活性セメント、人工骨用の無機有機複合体、人工歯用セラミックスなどを合成した。

(2) 高压合成法を用いた酸化物超伝導体の探索

昭和61(1986)年、ベドノルツとミュラーは、 $(\text{La}, \text{Ba})_2\text{CuO}_4$ がそれまでの記録を破る高い T_c (転移温度)を持つ超伝導体であることを見出した。それを契機に数多くの銅酸化物超伝導体が次々と合成され、平成6(1994)年8月現在では、 $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+z}$ の T_c が常圧下で約134K、30GPa の圧力下では約165K に達するに至った。

当部門は、圧力が物質の生成を左右する重要な変数であるにもかかわらず、酸化物超伝導体の探索の目的には使われたことがない点に着目し、1～10GPa 程度の高压と900～1,000℃の高温を用いた合成実験を行ってきた。

生成物は、X線回折、中性子回折、電子線回折、ならびに高分解能電子顕微鏡観察によりその構造を明らかにし、電気抵抗と磁化の測定によりその電氣的、磁氣的特性を調べている。その結果として得られた各種の高压相は、常圧合成により得られる相には見られない組成と構造に関する明確な特徴を持つために、大いに注目を集めている。一例のみ挙げると、 $\text{Sr}_{n-1}\text{Cu}_n\text{I}+\text{IO}_2$ ($n=3, 5$) と表される高压相は、既に高温超伝導の舞台となることが判明している2次元 CuO_2 格子ではなく、それを規則的に分断したものに相当する2次元 $\text{Cu}_n\text{I}-\text{IO}_2$ 格子を含んでおり、特に $n=3$ の相に対してスイスの理論物理学者グループが、格段に高い T_c を持つ超伝導の可能性を指摘した。現在、実験的な検証を進めている。

(3) 異常酸化数状態にある遷移金属イオンを含む酸化物の合成と物性

遷移金属を含む化合物の研究は既に長い歴史を持つが、光電子分光法や軟X線吸収分光法による最近の電子構造の解析は、相関エネルギー(U)と電荷移動エネルギー(Δ)の大小による「モット・ハバード型($U < \Delta$)」と「電荷移動型($U > \Delta$)」への分類という新しい観点を与えつつある。電荷移動型に分類される物質では、いろいろな物性に対する陰イオンの寄与が非常に重要であると考えられる。銅酸化物超伝導体は、まさにこのタイプに含まれるものであり、2次元 CuO_2 格子上の酸素イオンの寄与が重要であることに異論はない。このタイプの化合物には、この点を十分認識した研究の及んでいない興味深い物性が隠されている可能性が高い。

当部門では、 Fe^{4+} 、 Co^{4+} 、 Ni^{3+} など高酸化状態にある遷移金属イオンを含むペロブスカイト型酸化物を高圧、高酸素圧を用いて合成し、その構造と物性を調べてきた。その結果として、 Fe^{4+} を含む系が電荷移動型に分類できることや、 Mn^{3+} を含む系が両方のタイプの境界に位置することなどが明らかになり、また電子状態や結晶構造に関する興味深い相転移をいくつか見出した。

一方、やはり電荷移動型に分類される LiNiO_2 (常圧で合成できる) や $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{4+}$ を含むいくつかの酸化物については、将来にわたり大いに展開の期待されるリチウム2次元電池の陽極材料としての可能性を探っている。

4. 第4領域

昭和10(1935)年に設けられた特殊硝子研究室を基に昭和12(1937)年に澤井研究室が発足し、その後約20年にわたって澤井郁太郎教授らにより光学ガラス、ガラス繊維、珪瑯、ガラス熔融窯、耐火物などに関する広範な研究が進められた。昭和33(1958)年に田代研究室に引き継がれ、昭和39年に窯業化学研究部門と改められ、田代仁教授らにより二十数年にわたって、種々のセラミックスの製法、微細構造、物理的・化学的特性の相互関係を究明して新材料の開発のための指針を明らかにすることを基本方針として、新種ガラス、結晶化ガラス、融液凝固特殊セラミックスの研究が展開された。この基本方

針は昭和58(1983)年に引き継がれた作花研究室にも受け継がれ、作花済夫教授らにより約10年にわたり、新種ガラス、結晶化ガラスの研究に加え、ガラス構造、ゾルーゲル法による低温ガラス合成法ならびに機能性セラミックスの合成、非線形光学材料に関する研究が進められた。平成4(1992)年の改組により当該研究部門は無機素材化学研究部門第4領域となり、平成6(1994)年には横尾俊信教授が当該領域を引き継ぎ、現在下記の研究を進めている。

(1) 新種ガラスの生成、構造、物性に関する研究

いわゆるガラス形成酸化物(単独でガラス化する単一成分酸化物)を含有しない新規な組成を有する酸化物ガラス、ならびに酸化物ガラスのガラス構造中に窒素原子を導入したオキシナイトライドガラスを溶融法により作製し、その生成、構造、物性、およびそれらの相互関性を解明するための研究を行っている。新種酸化物ガラスとして取り上げているのは、 TeO_2 、 Ga_2O_3 、 PbO 、 V_2O_5 、 Bi_2O_3 、 CuO 、 TiO_2 などを主成分とするガラスである。ガラス構造論の立場から、サッカリアーゼン則がこれらガラス形成酸化物を含まないガラスについても成り立つかどうかを検討するとともに、ガラス形成の可否を構造論の立場から説明するために、X線動径分布解析、固体高分解能NMR、中性子線回折、X線異常散乱、ラマン分光法、分子軌道法などの方法を用いることによって、これらのガラスの構造解析を行っている。

また、オキシナイトライドガラスは、酸化物ガラス構造中に窒素原子を導入することによって化学的耐久性や機械的特性を著しく向上させたガラスであるが、本研究室ではこれらの性質の向上が発現するメカニズムをガラス構造に基づいて説明するために、中性子線回折法、固体高分解能NMRなどの手法を用いて構造解析を行っている。

(2) 非線形光学ガラスならびにセラミックスに関する研究

上記の新種酸化物ガラスはいずれも重金属酸化物を主成分としており屈折率が高いため、新しい3次非線形光学材料として期待されるガラスである。現時点では、主としてTHG法(第3高調波発生法)によって非線形光学感受率 $\chi^{(3)}$ の測定を行い、その組成依存性を調べ、 $\chi^{(3)}$ を決定する最も重要な因

子の1つをガラス構造に求め、ガラスの構造解析と非線形光学特性の評価を密接に関連させて研究を行っている。また次に述べるゾルーゲル法を使った薄膜化により無機材料に光透過性を与えられるという利点を生かし、種々の遷移金属酸化物透明セラミック薄膜を作製し、非線形光学特性の測定を行い、非線形光学特性と結晶構造、電子構造の関係の究明に努めている。

(3) ゾルーゲル法による機能性材料の合成

ゾルーゲル法を利用することにより、薄膜、ファイバーなどの成形体や、幅広い範囲で微細構造を制御することのできる多孔体の合成が可能であるため、これらの特長を生かすことによって、様々な新しい機能性材料を作製することに努めている。

ゾルーゲル法により無機材料を容易に薄膜化できることを利用し、鉛系複合ペロブスカイトを中心とした種々の強誘電体薄膜を合成している。また、ゾルの合成条件やゲル膜の熱処理条件を制御することによって多孔性で比表面積の大きい薄膜を作製することが可能であり、これを利用して光触媒活性の高い(活性点の多い)光電気化学用半導体電極を作製している。酸化物と金属、半導体、あるいは有機物の複合化が可能であることはゾルーゲル法のもう1つの重要な利点であり、この特長を生かすことにより、新しい光学材料としての無機半導体超微粒子分散シリカ薄膜、金属超微粒子分散酸化物薄膜、有機-無機複合体の合成を試みている。特に金属超微粒子分散酸化物薄膜においては、マトリックスの前駆体である酸化物ゾルあるいはゲルの構造と性質を制御することを通じて、金属微粒子の粒径と形状、配向性を制御することが可能であることを提案している。

これら以外に、新種酸化物超伝導体の探索ならびに酸化物超伝導体ファイバーの合成を行っている。

このように、主として薄膜化あるいは微細構造制御を通して光透過性の材料を作ることができるというゾルーゲル法の特長を生かすことによって、光機能性材料を合成することを研究の方向としているが、各種合成パラメーターがそれらに与える影響を系統的に調べることも常にこれらの研究と並行し

で行っている。

5. 客員領域

金属人工格子の中性子回折による磁気構造解析、ならびに高温酸化物超伝導体のピン止めに関する研究を行っている。昭和57(1982)年以来山本勇麓(広島大学教授)、河合七雄(大阪大学教授)、安岡弘志(東京大学教授)、遠藤康夫(東北大学教授)、藤田敏三(広島大学教授)、藤井保彦(東京大学教授)、前川禎通(名古屋大学教授)が客員教授として研究に従事した。現在は遠藤康夫(東北大学教授)が担当している。

第4項 材料物性基礎研究部門

1. 第1領域

当領域は昭和37(1962)年9月に設置され、倉田道夫が担当した。昭和39(1964)年、国立大学附置研究所の部門に関する省令により、倉田研究室は高分子構造研究部門となった。当領域では、一貫して高分子の分子構造と物性に関する物理化学的研究を行ってきた。高分子の希薄溶液中での形態と静的物性および流体力学に関する動的物性の統計力学的理論的研究が当初の主要テーマであった。さらに、光散乱、浸透圧、粘度、超遠心法などによる希薄溶液物性に関する実験的研究が行われた。また高分子固体中への気体や有機物質の拡散と収着、高分子溶液の粘弾性と流動特性なども研究された。当時は繊維、高分子工業の急激な発展の時期に相当しており、分子レベルでの物性解明の成果は、材料の開発と加工技術のための基礎知識として大いに貢献した。さらに生体を構成するタンパク質などの、高分子物理化学的研究も行い、生物物理学の初期の発展に寄与した。

昭和62(1987)年5月21日、高分子構造研究部門および繊維化学研究部門の転換により材料物性基礎研究部門が大部門として設けられ、第1研究部門を倉田教授が担当した。この頃より、高分子溶液の粘弾性と流動特性、高分子

溶液中での分子の運動、ゲルの特性など、以下に述べるようなテーマが主として研究されるようになった。昭和63(1988)年倉田教授が退官し、当該部門の担当として尾崎邦宏が任ぜられた。

平成6(1994)年現在、当研究領域で行われている研究内容を、以下に述べる。

(1) 高分子液体のレオロジー特性と分子運動

高分子液体の動的粘弾性、応力緩和、流動特性などを測定し、誘電分散、あるいは光散乱測定によって求められる分子の大きさ、拡散速度などと比較することにより、レオロジー特性の発現機構を分子運動の観点から解明する研究を行っている。

非線形粘弾性の発現機構を分子レベルで解明するために、分子量、分子量分布、枝分かれ状態などを綿密に定めたモデル高分子を用いて、非線形粘弾性がどのように変化するかを調べている。応力緩和では非線形性の様子は高分子の種類、分子量、濃度などによって影響されない普遍的な性質であること、直鎖状高分子と星形分岐高分子でも共通であることなどを見出し、これらの性質は高分子鎖のからみ合いに関する管模型で解釈できることなども明らかにしている。現在では、ほとんどすべての高分子溶融体、濃厚溶液の非線形性を予測することができるようになった。

高分子には、流れの変形速度が大きくなると粘度が増大するレオペクシー挙動のものが存在する。当研究領域では、ポリビニルアルコール-硼酸ナトリウム-水系の流動性と粘弾性を測定し、粘度の増大が、ちょうど粘弾性の緩和時間の逆数に相当するひずみ速度の点で発生することを明らかにした。また、動的光散乱の測定によって、この緩和時間が分子間の結合の生成消滅に対応したものであって、高分子あるいは高分子集合体の拡散運動に由来するものではないことを明らかにした。また2種類以上の異なる反復単位で構成されるブロック共重合体はマイクロ相分離して、微視的には固さを異にする領域から構成される不均一系になり、各領域の配列状態などに従って多様な性質を示す。当研究領域では、ブロック共重合体の分子構造およびマイクロ相

分離構造とレオロジー的性質の関係を解明する研究も行っている。

(2) ガラス状高分子の複屈折と粘弾性

試料を振動変形した際に応力と同時に発生する複屈折(屈折率の異方性)を測定し、弾性率の周波数依存性と比較することによって、ガラス転移の際の高分子のひずみに関する知見を得ることを試みている。最近明らかになったことは、高温のゴム状態や液体状態では高分子を回転楕円体形の要素が重なったものとして解釈することができるのに対して、ガラス状態では扁平な楕円体をつないだものとしなければならないことである。これより、ガラス転移の際には分子鎖の捻じれ運動が重要であることが推定されることになった。また、この捻じれ運動の様子が太い高分子鎖と細い高分子鎖で著しく異なっていること、したがってガラス転移に関与する分子の運動様式には少なくとも2種類の異なったものがあることが明らかになった。

(3) ゲルの構造形成と物性

ゲルは高分子鎖が化学結合あるいは水素結合や微結晶などの物理的結合によって橋架けされて網目状になったもので、大量の液体を含んだものである。本研究の目的は、網目の違いを観測する方法を求めること、ゲル生成の条件を変えた時どのような網目ができるかを明らかにすること、網目の様子とゲルの性質の関係を明らかにすることである。研究手段としては、主として粘弾性測定と、動的光散乱を用いる。最近の成果は、卵白アルブミンの透明ゲル形成の機構を明らかにしたことである。また界面活性剤セチルトリメチルアンモニウムのミセルによるゲル化の過程を詳細に明らかにした。これらは物理結合によるゲル化の例であるが、現在ポリシロキサンを用いて、化学結合ゲル化の研究を行っている。

2. 第2領域

本研究領域の前身は、昭和17(1942)年7月3日喜多研究室の廃止に伴い成立した櫻田研究室である。当時の化学研究所は研究室制をとっており、その主任教授は1名を除いてすべて学部の兼任教授であった。櫻田研究室の主任

第15章 化学研究所

教授は、櫻田一郎工学部教授であった。昭和25(1950)年12月15日櫻田研究室の専任教授として辻和一郎教授が就任したが、昭和33(1958)年5月23日辻研究室として分離独立した。その後、櫻田研究室は昭和42(1967)年3月31日櫻田の停年退官とともに終焉した。辻研究室は、研究部門制設置に関する文部省令により昭和39(1964)年3月27日繊維化学研究部門として再出発した。繊維化学研究部門は当初辻が担当し、昭和49(1974)年4月1日停年退官後、北丸竜三教授に引き継がれた。昭和62(1987)年5月21日繊維化学研究部門と高分子構造研究部門の統合転換により、材料物性基礎研究部門が大部門として設置され、第2研究部門を北丸が担当した。昭和63(1988)年3月31日北丸の停年退官後、梶慶輔教授に引き継がれ現在に至っている。

研究に関しては、昭和14(1939)年櫻田によってわが国最初の合成繊維「合成一号」(ビニロンの前身)が発明され、昭和18(1943)年櫻田研究室の主要研究項目として「合成繊維」の予算が認められた。第2次世界大戦後もビニロンの開発研究が続けられ、合成繊維中間試験工場の建設(化研敷地内)を経て工業化された。辻研究室時代には、主にセルロース、特に木綿の化学的改質(酢化、シアノエチル化、カルボキシメチル化、非晶化、グラフトなど)に関する研究が行われたが、高分子の拡散や電気泳動に関する基礎研究も注目される。この時代に発明された回転ドラム式摩擦帯電測定装置は、日本工業規格「織物および編物の帯電性試験方法」のB法(摩擦帯電圧測定法)として採用され、現在でも使用されている。北丸研究室時代には、高分子固体の構造を固体高分解能NMRや中性子散乱法を用いて、また多糖類や高分子電解質溶液の構造をNMRや小角X線散乱を用いて研究するようになった。梶研究室発足以降、平成6(1994)年現在に至るまで継続して行われている研究内容については、以下に若干詳細に述べる。

当研究領域では、高分子科学および高分子材料開発に関して基本的に重要な問題を、主として散乱法を用いて研究している。主な研究課題は、次のとおりである。

(1) 高分子非晶中の分子運動

高分子材料の分子運動を主に準弾性中性子散乱を用いて調べている。ガラス状態では、10K付近の低温領域で過剰比熱(結晶に対する)を示すが、これが非晶物質の一般現象であり、その原因は、小さな原子団が非対称2重底ポテンシャル中でトンネル的に動くためであるという考えを提出した。また、ガラス転移近傍での非晶物質の運動について、通常の主緩和以外にピコ秒程度の緩和時間を持つ速い過程が普遍的に存在することを見出した。この速い過程はガラス転移点より低い温度から出現し、ガラス転移のプレカーサー的役割を演じている。さらに、ゴム状態における遅い運動にも取り組み、素過程での運動は数十 ps の緩和時間を持ち、炭素骨格を持つ分子鎖の場合、1個のC-C結合のまわりの振じれ回転による回転異性状態間遷移運動であることが分かった。また、その時生じる大きな歪みは隣接した数個のボンドの振じれ角が少しずつ歪むことにより緩和されることを明らかにした。また、高分子非晶中には数百 nm の密度ゆらぎが存在し、その生成・消滅には数時間から数日を要することを初めて見出した。

(2) 高分子の結晶化

小角および広角X線散乱、小角中性子散乱、偏光解消光散乱などの手法を用いて研究し、結晶化誘導期にまったく新しい構造変化が起こることを発見した。すなわち、高分子をガラス状態から結晶化させたとき、まず分子鎖セグメントが部分的に平行配向化して液晶類似相を形成するが、その際配向ゆらぎによるスピノーダル分解型の相分離過程を伴うことを見出した。また、この配向領域のサイズは時間とともに増大し、ある臨界値に到達した時に初めて結晶核が生成することが判明した。

(3) 高分子電解質溶液の構造

高分子電解質溶液の無添加塩系について、濃度と分子長に関する相図を作成し、その検証と各領域の構造および分子運動を小角X線散乱、小角中性子散乱、準弾性中性子散乱、粘度法などを用いて研究している。これまでに、その相図の主要部分を確認することに成功するとともに、付随的に発生した問題、すなわち非常に希薄な濃度で還元粘度が異常に増大しピークを持つ原

因が、ポリイオン間の静電反発ポテンシャルに起因することを明らかにした。

(4) 高分子ゲル

PVA(ポリビニルアルコールゲル)について、その生成機構と構造を小角および広角中性子散乱、光散乱などの手法を用いて研究し、以下の成果を得た。PVA ゲルは物理架橋ゲルであり、架橋点は微結晶であること、高温で作製したゲルは白濁し、低温で作製したゲルは透明になるが、これは構造が相分離速度とゲル化速度の兼ね合いで決まるためであること、ゲル化が起こる濃度は低温では分子の回転半径接触濃度によって決まることなどを明らかにした。

3. 第 3 領域

昭和62(1987)年 5 月21日高分子構造研究部門と繊維化学研究部門の統合転換により材料物性基礎研究部門が大部門として設置された。これに伴って、本研究室が第 3 研究部門として新しく設置され、小谷壽教授が担当した。この統合転換は、高性能高分子材料および高分子と無機物質との複合材料などを開発するための基礎として、高分子を中心とする材料の物性を総合的に研究することを目的に行われ、構造と物性という視点のほかに、分子運動と物性という新しい視点を加えることを特徴とした。本領域では、種々の気体あるいは有機低分子の高分子固体への輸送・溶解挙動とこれらに關与する高分子の分子運動、高分子の結晶および非晶状態の構造と分子運動、高分子の希薄溶液中における分子運動と構造形成などの研究が行われるようになった。平成 4 (1992)年 3 月31日小谷が停年退官し、当研究領域の担当として堀井文教が教授に任ぜられた。

当研究領域では、高性能高分子材料の構造制御を目指して、高分子の固体構造や水素結合などの相互作用を研究するとともに、気体透過性、耐衝撃性などの巨視的特性と、材料中の多様な分子運動との関係を明らかにするための基礎的研究を行っている。平成 6 (1994)年現在、当研究領域で行われてい

る研究内容を以下に述べる。

(1) 高分子の種々の状態における分子動力学

NMR、動的光散乱法などにより溶液、ゴム、ガラス、液晶、結晶など高分子の種々の状態における0.1～1 Hzの分子鎖運動を明らかにするための研究を行っている。例えば、結晶およびガラス状態のように比較的分子運動性の低い系では、選択励起スイッチングアングル試料回転 ^{13}C NMR法や重水素 NMR 法により特定の ^{13}C 核の化学シフトの異方性あるいは ^2H NMR スペクトルを測定し、コンピューターシミュレーションによる計算スペクトルと比較することにより、100Hz～1 MHzの分子運動の解析を行っている。さらに、0.1～10Hzの結晶中の超低速運動についても固体2次元 NMR 法により検討を行い、結晶の成長や結晶の変形とこのような超低速運動の関係を追究している。また、これらの方法をセロビオース系カラムナー液晶の構造、分子運動の研究にも適用し、このタイプの液晶の特徴的な分子運動を明らかにしつつある。

(2) 高分子固体の構造解析および構造制御

固体高分解能 ^{13}C NMR、 ^2H NMR、電子顕微鏡、X線散乱法などにより、種々の結晶性高分子の固体構造の解析を行い、結晶相と無定形相とともに結晶—無定形界面相が存在することを明らかにするとともに、各相特に非晶相の構造の特徴を明らかにしてきた。最近ではPVAについて、種々の状態から作製された試料の固体構造ならびに分子内および分子間水素結合の詳細な解析を行っている。また、PVAの立体規則性と結晶性、水素結合状態との関係についても検討を行い、高性能化のための基礎的知見の集積を行っている。

(3) 天然セルロースの生合成、結晶化および高次構造形成

最近天然セルロースは純粋な結晶から形成されているのではなく少なくとも2種の結晶形が共存すること、これらの結晶形はセルロース I α (三斜晶)およびI β (単斜晶)であることを固体高分解能 ^{13}C NMR 電子回折により実証した。現在は、生合成過程が比較的良く明らかにされているバクテリアセ

第15章 化学研究所

ルロースをモデル系として、セルロース $I\alpha$ と $I\beta$ の生成原因を明らかにするための研究を行っている。

(4) 高分子の溶液中における分子鎖ダイナミックス

線形屈曲性高分子試料を用いて、分子鎖の流体力学および熱力学的相互作用を動的・静的光散乱法により研究している。また、特に流体力学的相互作用におけるオゼン近似場を避けるため、単純すり流動場における高分子鎖の動的光散乱法を開発し、新しい観点から高分子鎖ダイナミックスを見直す研究を行っている。

(5) ブロック共重合体の溶液中における構造発現機構とダイナミックス

ブロック共重合体の構造のダイナミックス、構造の形態、および構造形成の過程などを光散乱法や超遠心法などを用いて研究している。

(6) 新規高分子の分子特性解析

新規高分子のキャラクタリゼーションを行い、その材料としての多様性、発展性を調べている。このため、高分子試料の分別、精製、および分別物の分子特性解析を行う。測定法としてはGPC(ゲル浸透クロマトグラフィー)、粘度、光散乱法、超遠心法などを併用する。ポリアセチレン系高分子のキャラクタリゼーションが現在進行中である。

(7) NMR 測定

なお、当研究領域は化学研究所における超伝導 NMR 室の運営を担当しており、平成 6 年現在は文部技官大嶺恭子がその任に当たっている。平均して、年間約1,600件の溶液および固体試料の測定が行われている。

4. 客員領域

本客員領域(複合体物性)は、昭和62(1987)年5月21日に材料物性基礎研究部門の設立と同時に設けられたが、当初は教授のみが認められた。初代の客員教授は、上垣外修己(株式会社豊田中央研究所取締役部長)で、昭和62年6月1日より平成元(1989)年3月31日までの約3年間を務めた。平成2(1990)年度は安井昭夫(株式会社クラレ専務取締役)が、平成3(1991)年度は平見松夫

(ユニチカ株式会社中央研究所所長)が、平成4(1992)年度は原田都弘(日本合成ゴム株式会社顧問)が、平成5(1993)年度は山口彰宏(三井東圧株式会社総合研究所部長)が、平成6(1994)年度は酒井忠基(株式会社日本製鋼所取締役広島製作所副所長・広島研究所所長)が引き継ぎ現在に至っている。なお、平成4(1992)年4月10日化学研究所の改組に伴い、助教授席も認められた。

当研究領域は複合体物性を担当していることから、主として企業における新しい高分子材料の開発状況の調査研究を行い、当研究部門全体の研究および教育に大きな刺激を与えている。さらに、企業との共同研究を促進する結果となり、既にいくつかの成果が得られている。

第5項 有機材料化学研究部門

1. 第1領域

当領域は、昭和35(1960)年9月の稲垣研究室の設置に始まり、昭和39(1964)年2月に施行された文部省令第4号をもって国立大学附置研究所に研究部門を置くこととなり、高分子物性部門として新しく発足した。発足当時は、高分子溶液論の実験的検証を主たる研究課題として、高分子の分子特性解析の諸理論と技術の確立に優れた成果をあげてきた。特に、異なる分子構造を持つ共重合体の分子特性解析に関して、吸着機構に基づくTLC(薄層クロマトグラフィー)が有効であることを見出し、高分子物質の分離と特性化にTLCを適用した一連の研究が国際的に高く評価された。高分子の分離に関するこれらの実績とその重要性、将来への研究方針を踏まえて、昭和50(1975)年4月、高分子分離学研究部門と改称されることになった。

昭和40(1965)年頃より、グラフトおよびブロック共重合体の合成研究と同時に、異種高分子間での相溶性の問題も極めて重要な課題となり、多成分系溶液論に基づく光散乱理論を展開して、熱力学的相互作用パラメーターを評価するための理論的、実験的研究も精力的に行われた。また、昭和55(1980)年頃よりラジカル共重合の速度論に関する研究が開始され、前末端基効果を

考慮したラジカル共重合の新しい反応モデルを確立した。これらの成果に対し、福田猛助教授に平成4(1992)年度の高分子学会賞が授与された。

合成高分子と並行して天然高分子、特に羊毛ケラチンとセルロースおよびその誘導体の分子特性解析もまた重要な課題であった。特に、羊毛については堀尾正雄名誉教授が在職中に国際的名声の高い研究成果をあげた伝統を生かしつつ、組織化学的、タンパク質化学的ならびに物理化学的研究とそれらの応用研究が行われ、これらの研究成果に対して繊維学会賞が宮本武明助教授に授与された(昭和58<1983>年)。また、羊毛繊維に高度な人工捲縮を賦与する加工法の開発にも成功し、これに対し平成3(1991)年度の高分子学会技術賞が授与された。セルロースに関しては、当初その生体親和性に着目した、医用材料化に関する研究が主に行われたが、現在は、化学変換による新しい機能発現を目指した研究が主体となっている。

以上の研究プロジェクトのほか、アルミナシリケート系円管状剛体高分子、イモゴライトの分子特性解析とそのリオトロピック液晶に関する研究も行われ、新材料としての応用研究が現在も当研究室で続けられている。

昭和63(1988)年3月、稲垣教授が停年退官し、同年4月より宮本武明が後任教授として任ぜられた。その後、平成4(1992)年の化学研究所の改組に伴い、高分子材料設計領域(第1領域)として、有機材料化学研究部門となった。

現在も主要な研究課題の1つは種々の高分子物質を精密に分子特性解析することであるが、もう1つのプロジェクトは天然高分子や各種汎用高分子を素材とし、当領域で確立された分子特性評価法と化学修飾・アロイ化・複合化技術を駆使して分子構造・材料構造を設計制御するための基礎研究である。当領域の特徴の1つは実験工場を有していることで、これまでにビスコース人造繊維とパルプの製造に関して大きな成果を収めてきた。

現在、当研究領域で行われている研究内容は、以下のとおりである。

(1) 化学修飾によるセルロースの精密機能化

水溶性セルロース誘導体の物性制御、高誘電性高分子材料の創製など、多

くの成果を公表してきたが、平成4(1992)年度より、セロオリゴ糖の高次機能化とその利用および生分解性プラスチックとしてのセルロースの分子特性に関する基礎研究にも着手している。

(2) 糖鎖高分子系サーモトロピック液晶の合成と機能

本研究では、溶液論的手法、分光学的手法、X線構造解析法を駆使して、セルロース誘導体の分子鎖特性と液晶性、液晶相転移ならびに液晶の構造特性に関する系統的な研究を行っている。特に、セルロース誘導体のサーモトロピック液晶性の起源について、現在その全容がほぼ明らかにされつつある。

(3) 多糖系LB(ラングミュアプロジェクト)膜の形成と微細構造

LB膜素材としてのセルロース分子鎖特性ならびに高分子LB膜の構造特性に関する知見を集積することを目的としている。

(4) 新規糖鎖高分子の合成と機能特性

本研究では、側鎖に糖鎖を有するリピング重合可能なモノマーを合成し、構造が高度に規制された糖鎖含有ポリマーの創製を目的とし、同時に、糖鎖化学と高分子化学の学際的な研究の確立をも目指している。

(5) 高分子凝集系の協同現象と秩序形成

外力場での分子配向、構造形成、相溶性などの問題を、分子特性との関連で理解することを目的とした理論的、実験的研究である。また、特殊な相互作用を有する置換基の導入による相溶性の制御に関する研究も進行中である。

2. 第2領域

喜多研究室において、昭和16(1941)年フィッシャー・トロプシュ法による合成石油の工業化試験に成功し、これを基礎として液体燃料の生産を目的とする中間工業化試験が実施された。昭和17(1942)年から、この研究を継承した児玉研究室においては上記合成反応の物理化学的基礎研究を行うとともに、戦時中より重視され始めた高圧下におけるポリエチレンの合成に関する

研究に着手した。昭和28(1953)年、わが国における最初の工業化試験に成功し、今日のポリエチレン工業の基礎を確立した。これに用いられた高压技術は竹崎研究室(昭和39<1964>年文部省令により高压化学研究部門となる)に引き継がれ、高压有機反応と遊離基反応に関する研究が行われた。昭和56(1981)年竹崎嘉真教授が停年退官し、翌昭和57(1982)年に杉田信之が当該部門の後任教授に任ぜられ、高压ならびに常圧下における有機合成反応と構造論および機構論的研究を行い現在に至っている。なお、平成4(1992)年本研究所改組により高压化学研究部門は有機材料化学研究大部門のうちの第2領域を担うことになった。

現在当領域で行われている研究の概要について述べる。

(1) 一酸化炭素、二酸化炭素の有効利用反応に関する研究

一酸化炭素や二酸化炭素を種々の有機化合物に付加させて有用な高付加価値の化学原料を合成する反応は、「C1化学」の支柱をなすものである。この反応について、速度論的ならびに平衡論的攻究による反応機構の解明を目的とした基礎研究を行うとともに、工業化に資するデータの生産、新合成法の開拓、反応の改善などを目的とした応用化学的立場からも研究を行っている。

一酸化炭素や二酸化炭素の有効利用のうち、研究を進めているものは次のとおりである。

一酸化炭素の反応としては、①合成ガスから的高级アルコールや多価アルコールの合成、②オレフィン、アルコール、エーテルとの反応による有機酸やエステルの合成、③アルデヒド、ケトンとの反応によるオキシ酸合成、④芳香族化合物のホルミル化、⑤有機ハロゲン化合物との反応による酸ハライド合成、⑥有機セレンやテルル化合物との反応によるカルボン酸合成などである。

一方、二酸化炭素の反応としては、①アミン類との反応によるホルムアミドの合成、②モノカルボン酸との反応によるジカルボン酸合成、③アルコールとの反応によるギ酸エステルの合成、④一酸化炭素との反応によるシュウ

酸合成などである。

これらのうち、注目されているものに光カルボニル化によるエステルやアルデヒド合成、工業化に成功したフッ化水素—三フッ化ホウ素溶媒中における芳香族のホルミル化などがある。

(2) 特異構造を持つ炭化水素化合物の合成に関する研究

炭化水素は有機化合物の基本骨格を形成し比較的反応性の低い化学種とされている。しかしこれに特殊な構造修飾を加えれば、異常な原子価や電子状態が安定化し、有機材料としての機能や特質を備えた分子またはイオン種の実現が期待される。このような観点から、以下に述べるような特異な構造を持つ炭化水素化合物の合成と新規物性の開発に関する研究に取り組んでいる。

一例として、分子内に固定した電子供与体との電荷移動相互作用、あるいは強固な σ 炭素骨格との相互作用を持つ「超安定」炭素陽イオン類の合成が挙げられる。これらは現在知られているものの中で最も高い安定性を示しアルカリ性水溶液中でも分解せず、安定炭素陰イオンとのイオン結合による初めての炭化水素塩の合成に大きく貢献した。

また、環状の π 電子系の周囲を σ 炭素骨格で取り囲むことにより、中心の π 電子系が高い電子移動活性を持ち、開殻系、閉殻系を問わず陽イオンから陰イオンまで広く安定化できることを見出した。すなわち、これらの分子種は外部条件に応じた電子および電荷貯蔵機能を持つことになる。さらに π 系の構造変化により、金属イオンの選択的配位能、光応答機能などの特性を与えるべく研究を続けている。

一方、炭素原子のみからなる球状のクラスターであるフラーレン、特にサッカーボール型構造を持つ C_{60} 分子に対して化学的な構造変換を行い、新しい応用面の開発を目的とする研究も進めている。

第6項 有機合成基礎研究部門

1. 第1領域

昭和17(1942)年に有機合成、高分子合成、特にゴムおよび樹脂の研究を目的として小田研究室(小田良平教授は工学部と併任)が設立された。さらに昭和33(1958)年に石油系素材を基盤とする新有機合成反応の開発を目的として市川研究室(市川克彦教授)が設立された。昭和39(1964)年、部門制への移行に伴い両研究室が統合され、研究室の名称は石油化学研究部門と定められ市川教授が担当した。市川研究室ではオレフィンに金属塩を付加させるオキシメタル化とその有機合成への応用および新規炭素-炭素結合形成反応の開発などの多くの知見を得ている。昭和42(1967)年、市川教授の工学部配置換えに伴い後任教授として岡野正弥教授が任ぜられた。岡野研究室ではイソニトリルなどの有機活性種や有機タリウム化合物を用いる新反応の開発などの研究を行った。昭和59(1984)年に岡野教授が停年退官し、その後昭和64(1989)年に谷本重夫教授が後任教授に任ぜられた。谷本研究室ではイオウ、セレン、テルルの特性を生かした新有機合成反応の開発の研究が行われた。平成4(1992)年の化学研究所の改組に伴い、抗癌医薬開発研究大部門の第2部門および同客員部門とともに、有機合成基礎研究部門を構成し、その第1研究領域を担うこととなった。平成4年に谷本教授が停年退官し、翌平成5(1993)年に玉尾皓平が後任教授として任ぜられた。

本研究領域では、伝統的に有機金属化合物やヘテロ原子化合物を用いて、有機合成化学における概念的に新しい方法論の開拓、その有機合成への応用、新しい機能性物質の合成などを目的とした基礎的研究を行ってきた。

平成6(1994)年現在、当研究領域で行われている研究内容は以下のとおりである。

(1) 有機ケイ素化合物の化学

有機ケイ素基礎化学の探究とともに、新活性種、新素反応の開発、特異構造、特異物性を持つ化合物の合成、有機合成への応用、新素材合成への応用などを旨とした総合的な有機ケイ素化学の研究に取り組んでいる。

5 配位および 6 配位ケイ素化合物の合成と反応性の系統的な研究を行っている。通常の 4 配位化合物との反応性の違い、それを支配する因子を明らかにし、構造／反応性相関の確立と有機合成への応用概念を導き出すことを目的としている。5 配位ヒドロシランおよびジシランの合成、構造解析およびそれらの遷移金属触媒反応における新規な反応を見出している。

新しいケイ素活性種、官能性シリルアニオンの化学を切り開いた。有機ケイ素化学における基本骨格はケイ素－ケイ素結合であり、この骨格形成反応における最も重要な活性種はケイ素アニオンである。その重要性にもかかわらず従来まったく研究例のなかった α -ヘテロ原子置換シリルアニオンの基礎的研究に取り組んでいる。その結果、安定な官能性シリルアニオンおよびシリレノイドとしては初めての例であるアミノシリルリチウムおよびアルコキシシリルリチウムの合成に成功している。新素材として興味深い官能性ポリシランの合成をも目指している。

また、ケイ素を用いる高立体選択的合成反応の開発にも取り組んでいる。上記の高配位ケイ素化学の研究を通じて、ケイ素－炭素結合の過酸化水素酸化を見出し、分子内ヒドロシリル化などと組み合わせることにより、高位置および立体選択的なポリオールやアミノアルコール合成などに応用してきた。

(2) 新規パイ共役高分子の合成と物性

ケイ素を含む環状共役化合物、シラシクロペンタジエン(シロール)を主鎖構成単位とするポリマーは種々の特異な性質が期待されるにもかかわらず、従来合成が極めて困難であった。概念的にまったく新しい環化反応の開発を行い、シロールを含む新規パイ共役高分子の合成に初めて成功した。ケイ素を含まない他の類似のポリマーに比べて極めて長波長領域の可視光を吸収するなどの特性を有していることが明らかとなっている。環化反応の一般性の

確立と新規ポリマー合成に取り組んでいる。

(3) 重ヘテロ原子化合物を用いる新規有機合成の開発

有機セレン基およびイオウ基の β 位の炭素への関与もしくはオレフィンへの親電子付加によって生成する三員環エピセレノニウムイオンおよびそのイオウ同族体を中間体とする有機合成反応を研究している。 β 位の炭素が不斉である原料を用いるキラルプール法の開発および光学活性なセレン基もしくはイオウ基を用いる不斉合成反応の開発を目的としている。また、高原子価セレン基を脱離基とする有機合成反応の開発にも取り組んでいる。2価の有機セレン化合物は安定であるが、6価の有機セレン基が求核置換反応において非常に脱離基になることを見出し、これを利用した有機合成反応の開発を進めている。含窒素ヘテロ環や炭素環状化合物の合成に応用でき、光学活性化合物の合成にも利用できることを明らかにした。

2. 第2領域

昭和32(1957)年設立された中井研究室を継承した藤田研究室(昭和37年設置)は昭和39(1964)年生理活性研究部門、その後昭和58(1983)年、2つの小部門(活性物質合成部門、藤田栄一教授担当および活性物質構造解析部門、富士薫教授担当)および、1つの客員部門よりなる抗癌医薬開発研究(大)部門となった。平成5(1993)年化学研究所全体の改組により富士教授担当部門は本研究部門精密有機合成領域となり現在に至っている。本領域では有機合成化学、特に新しい不斉合成法の開発と利用、および不斉分子認識など光学活性に主体を置いた研究を行っている。主な研究テーマは下記のとおりである。

(1) 不斉合成

当領域においては新しい不斉合成手段の開発と利用研究に力を注ぎ、不斉プロトン化反応のための新しい骨格を有する不斉プロトン源の創製、付加・脱離型不斉誘導法、特に4級炭素の不斉構築、エノレートの化学に新しい概念を導いた「不斉記憶」に関する研究、 C_2 対称を有する化合物の不斉合成への利用として不斉ウィティッヒ反応およびメソジアセテートの酵素加水分

解とその合成的利用、光学活性ビナフトールの機能開発、さらにこれらの基礎研究に基づく生理活性天然物の不斉全合成などが行われている。

(2) 不斉分子認識に関する研究

分子認識においては単なる静的認識にとどまらず動的認識が将来的課題として要求されているところである。フォトクロミック化合物を外部刺激応答分子として、また光学活性部分としては特にビナフトールを取り上げ、これを直接、あるいは共有結合を介して間接的に組み込むことにより、スイッチ機能を持つ分子の合成を目指して研究が行われている。

(3) 機能性アンチセンス分子の設計と合成

DNAの機能を制御するためには原理的にはそのセンス部のみを認識できるオリゴマーを合成し、それに各種機能性部分を導入しておけばよい。当領域ではこのセンス部と相補性のある塩基対を持ち、かつそのバックボーン部を機能性分子で修飾したDNAオリゴマーを合成し、その機能発現を検討することにより新しい制限酵素の創製を目指し研究中である。

(4) 抗癌活性化合物の検索研究

イチイ科植物より単離されたジテルペノイド、タキソールは新しい作用機作を有する抗癌剤として注目され現在臨床使用を目指した研究が全世界で進行中である。当研究室においては天然物を基盤とした新抗癌剤の開発研究の一環として中国産イチイ科植物成分の研究を続行中である。

3. 第3領域(客員領域)

本領域は平成5年度の改組により客員部門として設置されたものであり初年度には兼松顯(九州大学教授)を、平成6年度には中尾英雄(三共株式会社総合研究所副所長)を、それぞれ教授に迎え計算化学を主とする論理面および実践面から有用有機化合物の合成研究を遂行している。

第7項 生体反応設計研究部門

1. 第1領域

有機合成資源としてのアセチレンならびにその誘導体の反応性を研究する目的で、日中戦争が始まった昭和12(1937)年に野津研究室が設置された。野津研究室においては、アセチレン系化合物の反応性についての研究がなされた。昭和30(1955)年に野津龍三郎教授の停年退官に伴い、野津研究室が廃止された後を受けて、国近三吾教授が研究室担当となり、国近研究室が発足した。この国近研究室においても、野津研究室での研究が引き継がれたが、研究内容はさらに低級オレフィンの酸化、プロピレンからのメタアクリル酸メチルの合成、その他の各種単量体の新合成法に関する基礎的な方向へと発展した。その間、昭和39(1964)年に部門制が発足したことに伴い、国近研究室は有機単位反応研究部門と名称を改めた。昭和47(1972)年に国近が停年退官し、翌昭和48(1973)年に当該部門の担当として、岡信三郎が教授に任ぜられた。その後、平成元年に岡が停年退官し、大野惇吉が当該部門の後任教授として任ぜられた。有機単位反応研究部門は、平成4(1992)年の化学研究所の改組に伴い、抗癌医薬開発研究大部門の中の1領域と新設された1領域とともに、生体関連化学分野の反応を主として研究対象とする「生体反応設計研究部門」を構成し、その第1研究領域を担うことになった。

岡教授が部門担当となった後の昭和49年以降は、時代の要請に適合した研究を進めるべく、当領域での研究内容は一変し、生化学と有機化学との学際領域を志向した生物有機化学を主体とした研究に移行する。

平成6(1994)年現在、当研究領域で行われている研究内容を、以下に述べる。

(1) 補酵素の生物有機化学

補酵素の生体系における化学反応の機構を有機化学の立場から検討し、生命現象の一端をも理解しようとする努力を続けている。同時に、その反応系

を有機化学へ導入するために必要な諸要素を検討し、新規で有用な有機化学反応を開発することを目的とする。特に酸化還元反応に関心を置き、補酵素としてピリジン系およびフラビン系の化合物を取り扱っている。

化学反応の起動力を考える反応機構の面から述べると、この種の化学反応は電子移動によって引き起こされるものであり、その難易が化学反応全体の難易と深い関わりがあることを、当研究室では明らかにしてきた。この理論は、純粋な有機化学反応にも適用することができる一般性を持ったものである。

一方、これらの補酵素は、酵素の反応場において立体選択的な反応を行う。酵素の化学進化の面から見ても、有機化学の立場から考えても、この立体化学が発現する機構には大変興味を持たれる。酵素が関与する化学反応では、立体化学は必ずしも「阻害」によって規制されるのではなく、一方の面での反応が「促進」されていると考えられる現象が多々ある。当領域においては、この種の反応系を有機化学的に構築することに成功し、この反応系での反応性を支配している因子の追究を行った。その結果、有機化学における立体化学に一大革命をもたらす成果を得ることができた。と同時に、生物化学の面からは、酵素の化学進化に対して重要な示唆を与えるものとなった。

(2) 生体触媒を用いる立体特異的な有機化学反応の開発とその機構の検討
従来の醗酵法は、立体選択的(光学活性化合物の一方のみしか生産できない)ではあっても、立体特異的ではなかった。有機化学の見地から、反応に関与する諸酵素のうち、任意の酵素を阻害したり、活性化したり、あるいは基質の濃度を適当に制御することによって、これらの酵素の実行活性を制御したりすることができる。

当領域では、主としてパン酵母を生体触媒として用い、立体特異的な酸化還元(水素添加、脱水素)反応を開拓している。この反応により、多くの有機化合物が立体特異的に生産できるようになった。

当領域においては、開発された合成化学反応を、単に合成化学反応として終わらせるだけでなく、その機構を検討し、現象を普遍化させることによ

て、さらに新しい化学反応への道を切り開こうとしている。その一環として、開発された各反応について、反応機構の検討が酵素レベルで行われており、一部の反応では、その立体化学を定量的に予見できるようにさえなっている。

(3) 元素分析

なお、当領域は化学研究所における元素分析室の運営を担当しており、平成6(1994)年現在は文部技官平野敏子とその任に当たっている。当分析室では、平均して、年間約1,400件程度の試料が分析されている。

2. 第2領域

当領域の歴史は化学研究所の歴史そのものであるもので、その全体像は第1節に譲り、本項では概略のみを記す。

当領域の発足はサヴィオールの研究と深く関わっている。すなわち、大正4(1915)年1月、久原躬弦(京都帝国大学理科大学教授)の指導のもとに、講師松宮馨が研究に着手したのが、その始まりである。同大正4年8月、理科大学附属化学研究所が設置されると、久原の監督下、駆梅剤の製造研究が本格的に開始された。昭和7(1932)年6月、主宰所員を欠いていた松宮研究室が廃止され、内野研究室が設けられた。内野仙治教授は、化学研究所で最初の専任教授であり、しかも研究室を主宰する所員であった。内野教授が東北帝国大学に転出した後の昭和14(1939)年に医学部教授であった荻生規矩夫が研究室を引き継ぐ形でサヴィオールの研究を担当した。その後、荻生の停年退官に伴い、昭和32(1957)年に中井利三郎が担当教授となったが、この時点で当該研究室におけるサヴィオールの研究は終了した。中井の停年退官後、昭和37(1962)年には、藤田栄一が生理活性研究部門の担当教授となった。さらに本部門は、昭和58(1983)年に大部門である抗癌医薬開発研究部門の第1領域として衣更えし、引き続き藤田が担当した。

抗癌医薬開発部門Ⅰは、平成4(1992)年の化学研究所の改組に伴って発展的に解消され、生体反応設計研究部門Ⅱとして新しく出発することになった

た。昭和63年に杉浦幸雄が後任教授として任ぜられ、現在に至っている。抗癌医薬開発部門Ⅰの時代には、抗腫瘍性抗生物質ブレオマイシンやエスペラミシンなどの強力なDNA鎖切断作用とその反応メカニズムの分子理解に成功し、論理的な構造－活性相関から新規な人工ブレオマイシンやハイブリッド型抗癌剤の開発を達成した。また、生体における腫瘍の発生や増殖を監視するエフェクター機構を利用した癌治療の道や癌組織だけを狙い撃ちするミサイル療法についても基礎的知見を集積した。他方、応用研究の分野では、放射線癌療法に関して、従来にない低酸素性細胞増感剤や新しい分子設計に基づいた抗肺癌性ポドフィロトキシン誘導体の合成・開発に大きな成果をあげた。生体反応設計研究部門Ⅱに移行した平成6(1994)年現在の当研究領域で行われている研究内容は以下のとおりである。

(1) DNAを標的とする抗癌抗生物質の発現制御機構と分子設計に関する研究

非共有結合を基盤とする動的機構の解析と作用発現のメカニズム解明を目指して、「超分子形成場」を核酸、特にDNAとし、また天然活性分子としては世界的に注目を浴びているエンジン型化合物に特に焦点を当て、天然エンジン型抗生物質による塩基配列特異的DNA認識、DNA2本鎖同時切断特性、活性発現制御機構などを有機化学的レベルで理解する研究を重点的に推進する。他方、新しいタイプのエンジン型機能分子の設計・合成を展開し、DNA局所高次構造の解析試薬の開発など国際的に見て、先導的な研究成果を目指す。

(2) 亜鉛フィンガー型転写因子によるDNA認識と機能発現の研究

これまで、ヒトの転写因子Sp1の亜鉛フィンガードメインの2次構造形成とDNA結合が金属に依存していること、10塩基からなるGC box配列の塩基認識において25個のG塩基が特に重要であること、3個のフィンガードメインの塩基認識能は等価ではないこと等を先駆けて明らかにすることができた。特に3個のドメインのうち、C末端側の2個のドメインでGC boxの認識がほぼ完了していることは驚きであると同時に、モチーフの数の異なる

他のタンパク質の DNA 認識にも適用し得る普遍的な現象である。本研究ではこれらの知見に構造生物学的な根拠を与えるとともに、Sp 1 の塩基認識能の改変、多様化を試みることを第 1 の目的とする。次に Sp 1 の転写活性化ドメインについてその中の重要と思われるセグメントを抽出し、構造的な知見を得るとともに、Sp 1 の他の領域との分子内相互作用や他のタンパク質とのコミュニケーションについてより化学的な事実を把握する。

(3) 細胞シグナル伝達の制御を目的とした機能物質の開発研究

癌遺伝子産物の転写因子が結合する DNA の領域を特異的に切断し、その転写作用をはばむような化合物を設計し合成することが本研究計画の目的である。これにより癌遺伝子の機能発現を阻止するという新しい概念に基づく制癌物質の合成開発へと結び付くことが期待される。本研究では、DNA 上で転写因子 AP-1 および Rel/NF- κ B の結合する塩基配列 TGACTCA および GGGACTTTCC に特異的に結合し、その箇所を酸化開裂する機能を持った人工化合物を設計、合成し、その DNA 切断特性、転写阻害活性、および制癌作用を検討する。

3. 第 3 領域

当領域は、平成 4 (1992) 年の改組に伴って新設された領域であり、平成 6 (1994) 年 4 月、上田國寛が初代教授として就任し、初の医学系研究部門が開設された。

当領域は、上田教授がかつて在籍した京都大学医学部医化学講座(ここは長年化学研究所の協力講座でもあった)および同臨床検査医学講座の流れを引き継ぎ、分子臨床化学を中心とした研究を進めている。その研究の目指すところは、治療法や予防法のない、あるいは未だ原因不明の諸疾患に対して、「生体反応」の「設計」図(=遺伝子)以下種々のレベルで基礎医学的アプローチを行い、その成果を臨床医学へフィードバックすることによって、両者の架け橋となることである。

平成 6 年現在、当研究領域で行われている研究内容を、以下に詳述する。

(1) ポリ (ADP-リボース) の代謝と機能の研究

ポリ (ADP-リボース) は昭和41 (1966) 年に当時京都大学大学院医学研究科の学生であった上田が西塚泰美助教授 (現: 神戸大学医学部教授) らと協同して、国立がんセンターおよびストラスブール大学のグループとほぼ同時に発見したものである。それ以来、このテーマは上田 (とそのグループ) の中心課題となり、化学研究所 (旧) 分子生物学部門 (早石修医学部教授兼任) の助手時代から今日まで一貫して追究され、多くの成果をあげてきた。なかでも、この高分子合成の始発反応となるヒストンほか各種タンパク質の ADP-リボシル化の発見 (昭和43<1968>年)、ADP-リボシルヒルトンの生体からの分離 (昭和50<1975>年)、2つの分解酵素 (ポリ<ADP-リボース>グリコヒドロラーゼと ADP-リボシルタンパク質リアーゼ) の発見とその作用機構の解明 (昭和50<1975>、昭和59<1984>、昭和61<1986>年)、ヒストンの ADP-リボシル化部位とその構造決定 (昭和55<1980>年)、ADP-リボシルヒストン合成系の再構成とポリ (ADP-リボース) 合成酵素の多重自己修飾の発見 (昭和55~56<1980~81>年)、ポリ (ADP-リボース) と合成酵素に対する抗体の作成と免疫組織化学の開発 (昭和55<1980>、昭和58<1983>年)、ポリ (ADP-リボース) の合成低下と細胞分化の相関の発見および同合成酵素阻害剤による癌細胞の分化誘導 (昭和55<1980>、昭和59<1984>年)、ヒストンによる DNA リガーゼ阻害とポリ (ADP-リボース) による回復現象の発見 (昭和58<1983>年)、ポリ (ADP-リボース) 合成酵素の c DNA クローニング (平成2<1990>年)、および同合成酵素の特異的阻害剤の発見 (平成2~4<1990~92>年) などは、この分野で世界の研究を先導する役割を果たしてきた。

現在、本研究領域として、当研究所附属核酸情報解析施設 (安達喜文助手) との協力のもとに、ポリ (ADP-リボシル) 化によるクロマチン構造と機能変化を詳細に解析し、未知の機能解明を目指す一方、手中にある合成酵素、分解酵素、阻害剤、抗体、遺伝子を利用して癌や白血病の分化誘導療法の開発を目指している。

(2) 遺伝子診断と DNA 検査法の研究

従来病気の診断はすべて発病後の病態解析を基礎としてきたが、近年遺伝子技術の進歩とともに、根本病因である遺伝子の解析によって行うことが可能となってきた。本研究領域では、本学医学部臨床検査医学講座、医学部附属病院検査部および医療技術短期大学部衛生技術学科と協力して、PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)を中心としたウイルス、細菌、癌、先天代謝異常の遺伝子検査法の開発、および遺伝子診断を臨床応用することに伴う諸問題(診断基準、検査室ネットワーク、情報管理、生命倫理など)の研究を進めている。

(3) アルツハイマー病発症機構の研究

当研究領域ではアルツハイマー病に特徴的な病理変化である脳内アミロイド沈着に着目し、その沈着のメカニズムを明らかにすることによって、病因に迫ろうとしている。このアミロイドの主要構成成分は β タンパクと呼ばれ、膜結合性の大きな前駆体タンパク質から作られる。そこで、この前駆体の遺伝子の発現異常や変異の有無を解析した結果、本病の患者脳では、数種の前駆体タンパク質のうちプロテアーゼインヒビターを持つタイプの発現が亢進していることを見出した。さらに、このような発現変化が正常な加齢においても緩やかに起きることを見出し、上記内因性インヒビターとアミロイド沈着や脳の老化の密接な関連を推定した。

さらに、先年アポリポタンパクEの遺伝子(特に ϵ 4アレル)が家族性アルツハイマー病と連鎖することが報告されたのを受け、当研究領域で日本人の散发性アルツハイマー病を解析した結果、この場合にも ϵ 4アレルが発症と深く関わっていることを見出した。現在、この遺伝子のコードするアポリポタンパクE4がどのように本病の発症に関与するのか、その機構の解明に向けて分子生物学的および神経化学的解析を進めている。

(4) 遺伝性神経疾患の遺伝子解析

当領域では、京都大学医学部神経内科学講座と共同で、家族性の筋萎縮性側索硬化症や球脊髄性筋萎縮症、脊髄小脳変性症、さらにミトコンドリア脳筋症といった神経疾患患者の遺伝子解析を行っている。未だ原因遺伝子の不明な遺伝性神経疾患に関しても遺伝子解析を進め、病態の解明を目指してい

る。

第8項 生体分子機能研究部門

1. 第1領域

研究所創立とほぼ同時期の昭和2(1927)年に設置された鈴木文助研究室における、不飽和脂肪酸、油脂、米糠の利用に関する研究の後を昭和12(1937)年に継承した武居三吉研究室および、その後を昭和32(1957)年より引き継いだ大野稔研究室では、テリス根殺虫成分ロテノイド、除虫菊殺虫成分ピレスロイド、薄荷油、茶の香気成分の研究など、主として植物起源の生理活性物質の構造決定と利用に関して、広範な研究が行われた。また、戦後の各種合成殺虫剤の導入とともに、新しい課題としてDDT、BHC類縁化合物の工業的合成と分子構造論的研究、合成ピレスロイドの構造-殺虫活性相関、協力剤、昆虫誘引剤の開発などが取り上げられ、学問的な成果を収めたばかりでなく、産業界にも貢献するところが大きであった。昭和39(1964)年の制度改革によって、大野研究室は植物化学研究部門と呼称することになったのも、従来の研究対象、分野など歴史的な経緯に基づく。それ以来、有機化学の進歩動向に従って、研究の主流は天然物から次第に合成、機構および物理有機化学的分野を志向するに至った。なかでもピレスロイドの立体構造と殺虫性との関係解明から端を発した不斉合成の研究は大野の停年退官後、昭和48(1973)年より部門担当教授に任ぜられた井上雄三のもとで当該部門の主要研究課題をなし、その間の多岐にわたる研究の成果と蓄積は不斉合成研究の先駆をなすばかりでなく、国際的にも高く評価されている。井上の停年退官後、翌昭和59(1984)年に小田順一が当該部門の後任教授として任ぜられた。植物化学研究部門は、平成4(1992)年の化学研究所の改組に伴い、生体分子機能研究部門の第1領域を担うことになったが、本領域ではこれまでの研究を引き継ぐとともに、さらに自然の示す精緻な仕組みを理解し、積極的に活用することを意図して有機化学と生化学との学際領域の研究へとその色彩を

深めている。平成6(1994)年現在、当研究領域で行われている研究内容を以下に概略する。

(1) 有機触媒としてのリパーゼの機能化

高い特異性を示す酵素を高度に組織化された有機触媒と見なし、光学活性体の合成につながる分子変換プロセスの確立を目指した研究の一環として、プシュードモナス属由来のリパーゼを触媒としたアシル交換反応を有機溶媒中で検討した。その結果、合成中間体として重要な高光学純度のアルコールやシアノヒドリン類を効率よく得る新しい方法論を確立した。また、リパーゼの微水環境下での活性発現に必須な要因をも明らかにしている。

一方、こうした触媒としてのリパーゼ自身の構造を探り、有機触媒としての機能化を図るため、同じリパーゼの遺伝子をクローニングし、大腸菌による大量発現系を構築した。その際、本遺伝子の下流にコードされるタンパク質がシャペロン様の活性を有し、リパーゼタンパク質の巻き戻しに不可欠であることを見出した。

(2) 抗体触媒の開発とその特性

立体選択的にエステルを加水分解する抗体触媒を誘導し、その酵素化学的および立体化学的性質を調べた。同時に、生成物阻害の観点から分子レベルで考察を加え、本触媒の弱点であった生成物阻害を回避し得る反応系を構築することに成功した。現在、その機能解明を構造生物化学の立場から探究するとともに、これまでに得られた知見を基に、新しい触媒の開発をも目指している。

(3) ATP 依存合成酵素の構造と機能の解明

ATP 依存合成酵素を標的に、その機能改変を目的として X 線結晶解析、遺伝子工学、酵素化学、さらには有機合成化学の手法を組み合わせることでその機能解析に取り組んでいる。そのうち、グルタチオン合成酵素については、初めて X 線結晶解析でその高次構造を決定するとともに、その分子構造に基づいた遺伝子工学的実験の証左からその活性部位を明らかにした。さらに、本反応の遷移状態アナログ阻害剤を合成して同酵素との複合体を X 線解析

し、酵素反応の遷移状態を類推することができた。同様の展開は、 γ -グルタミルシステイン合成酵素、アスパラギン合成酵素についても行っており、いずれも遺伝子実験系の構築とX線解析に適した結晶を得るに至っている。

また、これらの酵素を用いて反応の進行とともに生じる構造変化や中間体を経時的に追跡するため、ラウエ法によるX線結晶構造解析も、計画実施している。

(4) コンピューターによるアミノ酸配列の機能解析

酵素について、そのアミノ酸配列と基質や補酵素などのリガンドの化学構造式との関係に対応づけたLigand Chemical Databaseを構築してきた。このデータベースはコンピューターネットワークを通じて海外からも検索および取得が可能となっている。

このデータベースを用いて、あるリガンドの認識に特徴的な配列であるモチーフを抽出する方法を新たに考案した。これらのモチーフは、非常に遠縁にあるタンパク質の進化的関係を明らかにするだけでなく、ゲノム解析により決定された機能が未知のアミノ酸配列の機能の推定への適用や、タンパク質の機能改変の指針においても有用なものである。さらに、代謝経路の分子進化についても研究を進めている。

以上のように、本領域においてはこれまでの有機立体化学の知識と経験を基盤とし、結晶構造解析、バイオテクノロジーの技術やスーパーコンピューターを用いる計算機科学を駆使して、生体反応の示す多彩な機能を独自に解明しながら、新しい人工触媒の開発を意図した研究が精力的に実施されている。

2. 第2領域

昭和17(1942)年、片桐英郎教授によって微生物代謝の化学的研究とその応用を目指した研究室が創設され、発酵精錬、特にセルロース分解細菌の生化学および応用面を中心に研究が行われた。昭和25(1950)年以降に、研究は次第に生化学的な面に向けられ、細菌の生産する抗生物質の生合成、プロピオ

第15章 化学研究所

ン酸菌の糖および有機酸代謝、麦芽アミラーゼの作用機構と物性などが主なテーマとなった。昭和35(1960)年片桐教授の退官に伴って山本龍男が後を襲い研究室名も微生物化学研究部門と改められた。昭和55(1980)年、山本教授が退官し、左右田健次が教授となり、新研究室が発足した。微生物化学研究部門は平成4(1992)年の化学研究所の改組に伴い、植物化学研究部門とともに「生体分子機能研究部門」を構成し、その第2研究領域を担うことになった。現在、主に生化学的立場から微生物酵素および遺伝子工学ならびにそれらの応用が研究されている。平成6(1994)年現在、当研究領域で行われている主な研究内容を以下に述べる。

(1) 極限環境微生物の探索と耐熱性酵素、好冷酵素の開発ならびに応用

微生物には、極限環境に適応した様々な種が存在する。これらの極限環境に生育する微生物を探索し、ユニークな酵素を発見して、遺伝子クローニング、高発現系の確立、精製・結晶化を行い、その特性に基づく基礎、応用両面の幅広い研究を展開している。最近の成果としては、好熱性細菌から得られる耐熱性アラニンラセマーゼについて、この酵素を構成する2つのドメインを別々のポリペプチドとして発現させ、機能させる系の確立に成功し、シャペロン性ドメインの存在を初めて立証したこと、部位特異的変異と化学修飾を組み合わせることにより、耐熱性酵素に非天然アミノ酸残基やNMRプローブを導入する系を確立したこと、などが挙げられる。これらは、耐熱性酵素の高い安定性や、立体構造形成における優れた可逆性をタンパク質工学研究に利用した好例である。好冷酵素については、低温で高い活性を示すアラニンラセマーゼやリパーゼの特性を明らかにした。また、これらを用いて安定性の低い化合物を低温で変換したり、熱に不安定な好冷酵素を温和な条件下で失活、変性させることにも成功した。さらに、優れた好冷酵素を生産する好冷微生物を深海や永久凍土から探索している。

(2) アミノ酸代謝関連酵素のタンパク質工学的研究

アミノ酸は極めて多様な代謝特性を示す。当研究室では、微生物代謝の多様性に視点を置き、細菌やカビ、酵母など様々な微生物のアミノ酸代謝関連

酵素を、酵素科学、分子生物学、酵素工学の立場から研究している。生体触媒として酵素を特徴づけている基質特異性、反応特異性、立体特異性を発現する活性中心の構造や機能、あるいは酵素タンパク質と補酵素の結合の動的局面を、物理化学的、タンパク質工学的立場から研究を続けてきている。最近の成果としては、基質 α 水素の引き抜き、転移に直接関与する活性中心リジン残基のピリドキサルリン酸に対する相対的位置関係は、D-アミノ酸トランスアミナーゼの場合、L-アスパラギン酸トランスアミナーゼのそれとは逆であり、水素転移の立体化学も互いに逆であることの実証、補酵素非要求性アミノ酸ラセマーゼのチオール基を用いるユニークな触媒機構の解明、などが最近の成果である。

(3) 生体異物化合物を分解する微生物生体触媒

毒性の高い生体異物化合物に対する優れた適応も微生物の特徴である。われわれは、生体異物化合物の酵素的分解機構を解明し、その酵素科学的特性を明らかにするとともに、環境浄化に利用できる微生物を遺伝子工学的に作出する研究を行っている。難分解性のハロ酸を分解する微生物から、立体反転を伴ってL-2-ハロ酸を特異的に脱ハロゲンする酵素や、D、L両異性体に同等に作用し、立体反転を起こす酵素、D、L両異性体に作用するが、立体保持を示す酵素など、立体特異性、反応特異性の異なる新しいデハロゲナーゼを見出し、精製結晶化、遺伝子クローニング、高発現株の調製、触媒機構の究明を行っている。本質的には同一の反応でありながら、立体特異性と非特異性、立体反転と立体保持と相反する特性を解明する本研究は、生体触媒における分子認識と反応の方向性という基本命題を解明する意義を持つ。また、発癌性を持つ2-ニトロプロパンなどのニトロアルカン類を分解する新しいオキシダーゼやオキシゲナーゼを微生物に発見し、遺伝子クローニングを行うとともに、脱ニトロ反応や活性酸素の生成機構を解明しつつある。

(4) 含セレンアミノ酸と含セレンペプチドの生化学

抗酸化、抗炎症など、セレンの生理活性の多くは含セレン酵素、含セレンタンパク質の作用に起因している。われわれは、L-セレノシステイン、D-

セレノシスチンの特異的に分解する新酵素をほ乳類と細菌に見出し、その構造、特性、触媒機構を解明した。一方、含セレン酵素の生化学モデルとして高い抗酸化活性、抗炎症活性を持つ各種のセレンペプチドを酵素的あるいは化学的に合成し、薬理活性や活性酸素分解能、反応機構を究明しつつある。

第9項 生体分子情報研究部門

1. 第1領域

昭和41(1966)年、酵素化学研究部門が創設され、工学部工業化学科の宍戸圭一が併任教授として任ぜられ、昭和45(1970)年の退官まで天然有機化合物の研究等が行われた。昭和43(1968)年、化学研究所の宇治地区移転に際し、大井龍夫が当部門の専任教授に就任し、タンパク質の物理化学的研究を行う研究室が発足した。同教授が昭和63(1988)年に退官後、平成元(1989)年より高橋敏が同部門を引き継ぎ、平成4(1992)年以降、生体分子情報研究部門第1研究領域として現在に至っている。

当領域の研究目標はタンパク質分子の構造研究である。タンパク質の機能は長いポリペプチド鎖が折りたたまれてできる立体構造(局所的な2次構造と全体的な3次構造)と密接に結び付いている。それぞれのタンパク質に固有のアミノ酸配列が各タンパク質に固有の立体構造を与え、それが固有の機能を発現しているのである。したがって、問題はアミノ酸配列という1次元情報から3次元の立体情報がどのように形成されるか、またそれはどのようなものであるかを決定することである。

(1) タンパク質の素構造の決定

タンパク質のアミノ酸配列と3次構造が多数決定されてくると、データベースの形でこれらを整理することができるようになり、これに基づいてアミノ酸配列と立体構造との関係を追究する理論的研究が可能になる。1960年代に始まった電子計算機の能力の著しい発展は、そのような多変数の膨大な計算を可能にし、1970年代から80年代にかけて当研究室でも計算機を駆使した

この方面の研究が活発に行われた。アミノ酸残基番号を座標とする「距離マップ」は当研究室で初めて開発されたもので、これによって複雑な3次元構造を2次元上に定量的に可視化することが可能になり、分子内相互作用の評価、単位構造の検出、さらには新しい構造単位の発見などにつながった。

アミノ酸配列から最終的な立体構造を予測することはタンパク質学究極の目的の1つである。この方面での研究で当研究室で得られた大きな結果の1つは、タンパク質のアミノ酸組成が、そのタンパク質ポリペプチド鎖の折りたたみ様式を反映している、すなわち残基空間の中であるタンパク質の占める位置がタンパク質のクラス分けと相関があることの発見である。他の重要な結果は、水和の理論的評価からタンパク質の立体構造を予測することができたことである。ポリペプチド鎖のどのような折りたたみ方が水との相互作用が最も有利となるかが計算できればタンパク質の形が予測できるはずである。この問題はタンパク質の変性に際する自由エネルギー変化の定量的な計算として始められ、成果が多数得られているが、構造予測としては原理的にこれ以上の方法は望めないほど重要なものである。

実験面では、タンパク質中の主要な2次構造の1つである α らせんの安定性の問題に努力が向けられた。 α らせんの安定度の方向性の決定や、最も簡単なタンパク質3次構造である複数本縊り α らせんの構造形成の問題は現在も続けられている。さらに、タンパク質高次構造の形成が筋肉タンパク質を例として研究された。

タンパク質の素構造が機能と直接関わる例として生体膜の融合現象があげられる。当領域と理学部量子生物学研究室との共同研究により、インフルエンザウイルスにおいて、融合を司るウイルスタンパク質の一部をなす短いペプチドによっても、ウイルスが示すのと同じタイプの膜融合を人工的に起こさせ得ることが世界で初めて発見され、以来ペプチドの構造と膜融合活性との関係を追究してきた。現在までに活性を持つペプチドは親水性、無極性2つの面を持つこと、 α らせんとして機能すること、生体膜中ペプチドは膜面に平行に位置していることなどが明らかになってきている。

第15章 化学研究所

ウイルス粒子はタンパク質分子と核酸の超集合体であるが、このタンパク質分子の集合様式に関して X 線の小角部での散乱からの情報を元にした研究もなされている。タバコモザイクウイルスの殻形成はイギリスのクルーク一派と日本の岡田吉美らの多年の論争的であったが、本実験により構造学的速度論の手法を確立するとともに、タンパク質の会合速度を初めて定量的に決定し、解決への鍵が示された。また、モルテングロビュール状態などタンパク質の構造形成段階の追跡や、各種タンパク質超集合体の形成過程などの研究が、この小角散乱の技術を用いて現在行われている。

(2) タンパク質の立体構造の決定

この目的には、精密さと確実さの点において X 線結晶解析に勝る方法はなく、当領域においてもアルカリ性プロテアーゼ、脱ハロゲン化酵素など、酵素タンパク質の構造解析が始められている。

2. 第 2 領域

生物が営む様々な生命現象を分子レベルの反応として解析することを目的とした当研究領域の創設は昭和 4 (1929) 年にまで遡る。以来内野仙治研究室、早石修研究室を経て、昭和39(1964)年に部門制が発足したことに伴い分子生物学研究部門が設置された。当時は、遺伝・発生・分化・増殖という基本的な生命現象は、遺伝子の本体である DNA (デオキシリボ核酸) の塩基配列に符号化された遺伝情報の複製と発現に帰するという基本概念が確立された頃に当たる。昭和42(1967)年に当該部門の担当として高浪満が任ぜられ、遺伝子の発現制御に最も寄与が大きいと考えられた転写の開始と終結に必要な DNA 上のシグナルの解析および複製開始の分子機構の研究を原核生物を用いて行った。またこれらの解析のために長大な DNA 分子を塩基配列特異的に切断する DNA 分解酵素(制限酵素)の探索を行い、遺伝子組換え実験技術の進展に寄与した。これらの実験のために、昭和54(1979)年度に文部省の組換え DNA 実験指針に基づいた組換え DNA 実験設備が完成した。平成 4 (1992) 年の化学研究所の改組に伴い、旧酵素化学研究部門と旧生理機能設計

研究部門とともに、生体高分子、主にタンパク質と核酸、の構造と機能との関連を分子生物学、生物化学、X線結晶学などの手法と計算機による理論的手法とを駆使して研究する「生体分子情報研究部門」を構成し、その第2研究領域を担うことになった。

平成5(1993)年に高浪満教授が停年退官し、岡穆宏が当該領域の後任教授として任ぜられた。昭和の末頃までに遺伝情報の発現の基本的な分子機構の研究は世界的に一段落つき、より複雑な真核生物における遺伝情報の発現制御やその制御に至る細胞内シグナル伝達、さらにはそれらシグナル伝達経路のネットワークの解析に研究の中心が移りつつあったことも勘案し、当領域では形質転換生物個体が比較的容易に作成できる高等植物および植物細胞と相互作用する病原微生物を用いて遺伝子発現の制御ネットワークの研究を行っている。

平成6(1994)年現在、当研究領域で行われている研究内容を以下に記す。

(1) 植物因子によって誘導される植物病原菌の転写活性化機構に関する研究

植物病原菌(*Agrobacterium*)の毛根誘発プラスミドの病原毒性遺伝子群(vir)の転写は植物細胞からのシグナルに応答して正の転写因子である Vir Gタンパク質を介して誘導される。これら誘導型プロモーター領域には特徴的な6塩基対配列(vir box)が螺旋位相特異的に繰り返し存在し、その位相はプロモーターの-35および-10領域の位相のほぼ反対の位置にある。Vir Gタンパク質がこれら vir box に協調的に結合し、その対面に RNA ポリメラーゼを呼び込んで転写誘導することを明らかにした。さらに Vir Gタンパク質は植物因子の刺激によってリン酸化された膜タンパク質 Vir Aからリン酸基を受け取り転写誘導活性が上昇するという一連の細胞内シグナル伝達の経路を *in vitro*(細胞外実験系)で再現した。現在は、植物因子のセンサーと考えられている Vir Aタンパク質の各機能ドメインの解析を行っており、Vir Aタンパク質による植物因子の認識を *in vitro* で再現させることを試みている。

第15章 化学研究所

(2) 高等植物の形態形成におけるシグナル伝達および転写制御機構の研究
モデル植物のシロイヌナズナやタバコを用いて、葉および花の形態形成に関する研究を分子生物学的視点から行っている。シロイヌナズナの *Atb1* はホメオドメインを持つ転写因子(ホメオドメインタンパク質)であるが、これが葉の展開や柵状組織の形成に関与していることを形質転換植物の系を用いて明らかにした。シロイヌナズナには数十を超えるホメオドメインタンパク質が存在すると考えられており、これらの主なものについて、形態形成との関わりおよび転写制御ネットワークに関する研究を海外の研究室と協同で進めている。高等植物の花の形態形成は複数の MADS ドメインタンパク質と呼ばれる転写因子によって制御されている。シロイヌナズナの花弁および雄蕊に特異的な遺伝子の転写に関わる MADS ドメインタンパク質の遺伝子 *PISTILLATA* を中心に、花の形態形成における転写制御ネットワークの研究を行っている。

(3) 高等植物個体における人為的遺伝子発現誘導系の開発

哺乳動物のステロイドホルモンおよびそのレセプターの系を用いて、植物内で有効に働く遺伝子発現誘導系を開発した。これにより、特定の遺伝子の発現が生物個体・細胞に及ぼす影響を経時的に観察できるようになり、またこれまで困難とされていた、異所性の発現が強い致死性を示す遺伝子の形質転換植物系での解析も可能となった。さらに、ステロイドホルモン・レセプターのレセプター・ドメインを利用して、タンパク質の機能を人為的にオン・オフ制御する実験系の開発を行っており、既に植物の転写因子のいくつかについて転写活性を人為的に誘導することに成功している。現在これらの系を用いて、植物における転写制御および細胞内シグナル伝達の研究を行っている。

3. 第 3 領域

化学研究所では分子生物学研究部門(昭和42<1967>年高浪満教授着任)、附属核酸情報解析施設(昭和56<1981>年度設置)、酵素化学研究部門(昭和43<1968>

年大井龍夫教授着任)を中心として、従来から核酸(DNA、RNA)とタンパク質に関する研究が行われてきた。組換え DNA 技術の開発に端を発したバイオテクノロジーのめざましい発展により、昭和55(1980)年頃より DNA 塩基配列とタンパク質アミノ酸配列のデータが急増するようになり、それをデータベース化しコンピューター解析するという新しい学問分野の展開が始まった。日本でも大井教授を中心としてデータベース活動が続けられてきた。そして昭和60年度に化学研究所でのこれまでの研究成果を基礎とし、新しい学問分野の要請に対応するために生理機能設計研究部門が新設され、同年10月に金久實(昭和62<1987>年7月より教授)が着任した。

核酸とタンパク質の配列、構造、機能に関する膨大なデータを解析して、生物科学をこれら分子の情報という見地から体系化することを目指した生理機能設計研究部門の研究は、平成元(1989)年度から2年間の準備研究を経て、平成3(1991)年度より5カ年計画で開始された文部省ヒトゲノムプログラムの中に取り込まれ、化学研究所はゲノム情報解析研究の拠点地になっている。一方、平成3(1991)年度にスーパーコンピューターシステムが導入され、スーパーコンピューターラボラトリー棟が核酸情報解析施設に隣接して建築された。また、スーパーコンピューターラボラトリーと東京大学医科学研究所ヒトゲノム解析センターは、全国的な研究環境整備の一環として、ゲノム研究ネットワーク「ゲノムネット」の構築と各種データベースのサービスを行っている。

平成4(1992)年度の化学研究所大部門化に伴い、生理機能設計研究部門は時限10年のうち7年を経過した段階で生体分子情報研究部門へと改組となり、その第3研究領域で研究活動を継続している。平成6(1994)年現在、当研究領域で行われている研究内容は以下のとおりである。

(1) タンパク質と DNA のモチーフ辞書

生物機能との関連を示す特徴的な局所配列パターンは、配列モチーフと呼ばれている。これまで主に手作業で文献に報告された配列グループからモチーフを精密化したライブラリーが作られているが、既知の配列が急激な勢い

で増加している現状では、いかに手作業の部分をなくしてモチーフライブラリーの作成・更新を自動的に行うかが問題となる。本研究では、タンパク質および DNA の様々な配列モチーフを自動的に抽出する方法を開発し、実用的なモチーフ辞書とその利用システムを構築し、さらにネットワークを通じたサービスを行っている。

(2) タンパク質の保存配列領域と立体構造の関連

一般に構造予測の際にはタンパク質分子全体の構造、特にポリペプチド鎖が空間的にどのように折れたたんでいるかが、物理化学的な興味の対象となっている。一方、生物学的な興味はタンパク質がどのような働きをするかであり、機能的に重要な場所の立体構造の予測をすることが重要である。われわれはこのような見地から前記(1)により配列データから見出される保存領域が空間的にどのような配置をしているか、また逆に立体構造上から見出される機能部位の構造パターンが配列とどのような関係にあるかの解析を行っている。

(3) RNA ループ構造のモデリング

各種 RNA のコンピューターを用いた立体構造モデリングの重要性が高まっているが、ここでもわれわれは機能的に重要な部位に着目した方法の開発を行っている。具体的には RNA のステムループ構造を配列データから予測するために、ループが閉じることの制約、各ヌクレオチドが A 型構造の近辺にあるという制約、さらに原子の衝突による制約を取り入れた最適化関数を作り、これを遺伝的アルゴリズムで最適化する方法を開発した。この方法は転移 RNA の 2 つのループに適用して、実験データでの検証を行った。

(4) ゲノムデータベースシステムの開発

生物のデータは多種多様である。これらのデータをいかに蓄積し、統合し、提供するかがゲノムデータベースシステムの問題である。そこで、大腸菌・枯草菌といった大規模シーケンシング計画が行われている染色体のマネージメントツール、分子生物学関連の公共データベースを相互索引により統合したシステムなどを開発した。

(5) 生体反応データベースの構築

生命現象の解明のためには、個々の分子の情報を蓄積し解析するだけでなく、分子と分子の相互作用の情報を蓄積し解析することが必要である。生体反応データベースとは生命現象を分子間の反応系として眺めたデータベースで、まず細胞内シグナル伝達に関する系のデータベース化に着手した。

第10項 原子核科学研究施設

(1) 粒子加速器

昭和14(1939)年荒勝文策研究室が設置され、原子核科学の化学および生物学方面への応用が研究目的とされた。荒勝教授は、台北帝国大学において日本で最初にコッククロフトウォルトン型加速器を用いて原子核の人工変換を行った実績を基に京都帝国大学理学部に移り、さらに化学研究所に研究室が設置されると、サイクロトロン建設にとりかかった。しかし、戦時中の物資不足で昭和20(1945)年の夏までに主要部分である電磁石は完成したものの、全体としては完成していなかった。

そのさなか、昭和20(1945)年8月、広島に原子爆弾が投下されると直ちに医学部や理学部の荒勝研究室の人たちとともに化学研究所の研究者も広島原爆調査に参加し、新型爆弾が原子爆弾であることを確認した。さらに9月には詳しい調査のために医学部、理学部と共同で調査団を派遣したが、枕崎台風による山津波のため夜、宿舍が押し流され多くの犠牲者を出すという不幸があった。

不幸はさらにサイクロトロンにも及んだ。敗戦と原爆調査の犠牲にもめげず、物資不足の中で昭和20(1945)年の11月頃までサイクロトロン建設の努力が進められていたが、占領軍は理化学研究所および大阪帝国大学のサイクロトロンとともに、京都帝国大学のサイクロトロンも破壊撤去し、以後しばらく原子核の研究は禁止された。

やがて日本の原子核の基礎研究の再開が認められると、昭和25(1950)年に

第15章 化学研究所

荒勝研究室を引き継いでいた木村毅一教授を中心にして、化学研究所においてサイクロトロンの再建計画が立てられた。戦後の学問の復興の象徴として学内外の多くの支援を得て計画が進められた。昭和27(1952)年に旧蹴上発電所の赤煉瓦の建物を京都市から借り受け、その土地は関西電力から借り受けることになり、財源としては文部省の特別研究費のほか、民間から多大の寄付を受けて建設が進み、昭和30(1955)年に初めてのビームが加速された。この直径105cmのサイクロトロンでは主として、陽子 7 MeV、重陽子14 MeV、アルファ粒子28MeVの粒子が加速されたほか、日本で初めての重イオンの加速もなされた。こうして蹴上のサイクロトロンは、同じくサイクロトロンを再建した大阪大学と並んで、日本の原子核研究の拠点の1つとして研究をリードするとともに、多くの人材を育てた。

しかしながら、この分野の研究の発展は著しく、その実験装置としての加速器の大型化も急速であり、一大学で設置できる規模を超えてきた。そこで東京大学に全国共同利用研究所として原子核研究所を作ることになり、荒勝研究室、木村研究室の関係者もこれに数多く参加した。さらにその後、より高いエネルギーでの研究を目指す国立研究所として高エネルギー物理学研究所が筑波に作られ、また原子核の精密研究を目的として大阪大学に全国共同利用の核物理研究センターが設置された。これらにも「蹴上」の関係者が多く参加した。

一方、化学研究所では、昭和39(1964)年に研究部門制が施行されることになり、「蹴上」は木村研究室にかわって、原子核反応研究部門とサイクロトロンを主要設備とする原子核科学研究施設とに分離された。しかし研究活動は従来通り共同で進められた。昭和41(1966)年より原子核反応研究部門を担当した柳父琢治は、上述のような全国的なこの分野の学問の流れの中で、昭和44(1969)年、45(1970)年の両年度に蹴上のサイクロトロンの大改修を行い、加速エネルギーを可変にしたり、 ^3He の加速を可能にしたりした。しかし、利用面では核物理の研究から次第に生物・医学などの応用研究へと移っていった。特に昭和48(1973)年に原子核科学研究施設を担当した植村吉明

の後任として、昭和50(1975)年に竹腰秀邦が着任してからはその傾向が強くなった。

そこで竹腰教授と柳父教授を中心に、多目的の全学共用の加速器施設の建設計画が立案された。初めは、超伝導のサイクロトロン計画が立てられ、わが国で最初の超伝導サイクロトロンのモデルを建設して準備研究もなされた。しかし、より多くの応用面を開くため、改めて中間子を発生させる能力を持ち、中間子や中性子を利用することのできる、800MeVの陽子線形加速器を中心装置とする「中間子科学総合研究センター」構想が立てられた。この構想に沿って、蹴上の実験室でコンパクトな陽子線形加速器の設計研究が始まり、昭和60(1985)年には柳父教授の後任として井上信が着任して準備研究に加わった。

一方、この頃、蹴上の建物を京都市へ返還することが急務となり、化学研究所としては新しく小型の学際研究用の加速器を宇治地区に作って、原子核関係の研究室も宇治地区に移転することになった。この時に当たり、昭和61(1986)年、原子核反応研究部門を原子核科学研究施設に統合して新しい2部門相当の施設とし、かねて準備研究として開発してきた最先端技術を取り入れた小型ではあるが技術的には将来の中間子科学用の加速器技術の実証研究にもなる、7 MeVの陽子線形加速器を設計製作することにした。またこの加速器の実験室として、昭和63(1988)年、宇治地区にイオン線形加速器実験棟が竣工した。

この7 MeVの陽子線形加速器(イオン線形加速器)は、50keVのカスプフィールド型イオン源から出てくる水素イオン(陽子あるいは負水素イオン)のビームをRFQ(高周波四重極型加速管)で2 MeVまで加速し、さらにDTL(アルバレ型加速管)で7 MeVまで加速するものである。2つの加速管はいずれも433MHzという従来の陽子線形加速器の2倍の周波数の高周波電力で運転されるもので、これにより加速管の直径を半分にでき、加速器全体をコンパクトにすることができた。平成3(1991)年には竹腰教授の後任として野田章が着任し、この線形加速器の整備改良に力を注いだ。平成3(1991)年11月

に RFQ での 2 MeV ビームの加速に成功し、平成 4 (1992) 年 1 月には DTL での 7 MeV のビーム加速に成功した。

このような最先端の加速器開発の実績により、多くの民間企業から新しい加速器開発のための共同研究が持ち込まれ、化学研究所として主体的に意義あるものについていくつかの共同研究が進められている。そのうち最終段階まで開発に成功したものとして、イオン注入用の重イオン RFQ 型線形加速器がある。これはホウ素などを大電流で約 1 MeV まで連続に加速できるコンパクトな装置で、宇治地区の実験棟内でビーム加速に成功した後、民間企業の実験室に移設して詳しい運転試験を行っている。

また 7 MeV 陽子線形加速器を入射器とすれば、ビーム強度は弱いが 250 MeV 程度のエネルギーまで陽子を加速できるコンパクトなシンクロトロンが接続可能である。これは、癌の治療方法として最近注目されている陽子線治療のための加速器として最適なものであるので、このような医療用加速器の設計研究も、高周波加速部の実物モデルを作るなどして行っている。

さらに最近は、電子加速器を用いていわゆる SR(シンクロトロン放射光)や FEL(自由電子レーザー)などの高輝度光源を作ることが注目されてきたのでイオン線形加速器実験棟内でもこれらについての基礎的な研究のできる実験装置を整備しつつある。

(2) 基礎物質の構造と反応

昭和14(1939)年の荒勝研究室の設置以来、加速器の建設および加速器の研究と並んで、加速器を利用して原子核の構造と反応を研究してきた。敗戦後の一時期原子核の研究ができなかったときには、鉛筆の芯の研究などをした時期もあったが、木村研究室において蹴上にサイクロトロンが再建されてからは、このサイクロトロンのビームを利用して弾性散乱、非弾性散乱、核変換反応、クラスター構造、少数核子系などの研究を行い、わが国の原子核反応研究の最先端の成果として注目された。一方、昭和18(1943)年には湯川秀樹教授の研究室が設置され原子核・素粒子物理の理論的研究も行ってきた。

実験的研究はさらに「蹴上のサイクロトロン」の完成後、東京大学原子核

研究所のサイクロトロン、高エネルギー物理学研究所の陽子シンクロトロン、大阪大学核物理研究センターのサイクロトロンなどが完成すると、次々にこれらを利用して、蹴上での研究を発展させてきた。同時にフランスのオルセー原子核研究所と共同で少数核子系の研究を行うなど海外との共同研究も進めてきた。

また蹴上時代の後半以降には、物質中の微量元素分析、細胞やネズミの粒子線照射効果など原子核物理学以外に加速器を応用する研究や、それまでに培った計測技術を利用して加速器によらない原子核や粒子物理の研究などが盛んになってきた。なお昭和43(1968)年に湯川研究室は廃止されるが一部の研究者はその後もしばらくは、原子核反応研究部門さらに同部門が統合されてからは原子核科学研究施設の一員として群論を利用した粒子物理学の研究を行った。

現在は原子核関連の研究としては、核物理研究センターを利用する研究として、少数核子系の核反応に関する終状態相互作用や多体力の研究および原子核の巨大共鳴状態や偏極現象を伴う重イオン反応の研究などを行っている。またレーザー技術を利用して、放射性同位元素を偏極させ磁気モーメントを測るなどの物質の偏極現象の研究や未知の粒子の探索などの粒子物理の研究を行っている。

一方、大型の加速器利用とは別に、小型のイオン線形加速器や電子線形加速器・ビーム蓄積リングなどを利用する、物質と粒子・光量子ビームとの相互作用による照射効果や物質反応の基礎的な研究を特に化学研究の観点から今後の宇治地区の主要な研究と位置付けて準備を進めている。

さらに、物質の相の1つとして固体、液体、気体とはまた別の特徴を持つ、粒子のビーム状態の性質を研究することがプラズマ状態の研究と並んで重要な学問分野になってきつつある。現在は、大電流ビームにおけるビーム状荷電粒子の運動にとって重要な空間電荷効果を考慮した諸問題と取り組んでいる。

これら最近の研究はアメリカ、ロシア、ドイツ、フランス、スイス等の研

究者と共同で行っているものも多く、研究者の国際交流も盛んになってくる傾向にある。

第11項 核酸情報解析施設

当化学研究所では旧分子生物学部門を中心として、かねてから DNA の構造研究や組換え DNA 実験の基礎的研究を行ってきたが、昭和54(1979)年度には文部省の組換え DNA 実験指針に基づいた組換え DNA 実験設備が完成、さらに昭和56(1981)年度には DNA 情報の解析を専門に行う当核酸情報解析施設が設置された。組換え DNA 実験は異種の生物の DNA を生細胞に移入するという過程を含むため、この種の実験は生物学および物理学的封じ込めの条件下で行うことが実験指針で定められている。物理学的封じ込めの設備は実験の材料と種類に応じて P 1 から P 4 の 4 段階に分かれているが、当施設は P 3 レベルの封じ込め条件に適合する組換え DNA 実験設備を有する。この P 3 設備は前室と実験室よりなり、給気フィルターユニットを通して清浄な空気を送り、実験室内にある排気フィルターユニットにより浄化して排気する。排気フィルターユニットが室内にあるのは、室内でガス薫蒸をしてフィルター交換を行うためである。前室の空気圧は外気より水圧で 1 ～ 2 mm、実験室内の空気圧は前室よりさらに 1 ～ 2 mm 低くなるように定風量装置により調節している、つまり実験室内を陰圧に保つことにより封じ込めを行っている。昭和55(1980)年度には文部省学術審議会に組換え DNA 研究推進組織が設置された。当施設はその構成機関として、上記実験施設を学内をはじめ他大学の研究者の利用に供してきた。

当施設は発足当時より研究課題として DNA 塩基配列の決定とその情報解析、組換え DNA の基礎技術の開発研究を行ってきた。その主な研究成果は、①新しい制限酵素 Hap II、Hga I、HinH I の発見、その後も多数の酵素を分離、②新しく分離した制限酵素を用いてバクテリオファージ fd DNA からプロモーターを切り出し、その塩基配列を決定、③バクテリオファージ

fdの全塩基配列(6408塩基対)をハイデルベルク大学のシャラーのグループと共同で決定、④強発癌性アデノウイルス12型の発癌遺伝子の塩基配列の決定、⑤トリ肉腫ウイルスおよび正常細胞に含まれる発癌遺伝子 v-src と c-src の構造を明らかにし、発癌に関与する領域の決定、などがあげられる。

現在の研究課題としては、①形質発現に関与する各種細胞成分の生化学的、物理化学的研究をとおして、真核生物の遺伝情報の発現およびその調節の分子機構の解析、②長距離 DNA 塩基配列決定技術の開発などを行っている。当施設ではまた、組換え DNA 研究に必要な基礎技術の開発研究を行うとともに研究技術の研鑽と普及を目的として毎年重要課題について研究会、講習会を実施している。これまでに開催した主な研究会、講習会の課題は次のとおりである。なお講習会には海外からの講師、参加者を加えたものも含まれている。

核酸の1次構造解析法(研究会、昭和55<1980>年12月15～16日)、Maxam-Gilbert 法を用いた DNA 塩基配列決定法(講習会、昭和55<1980>年12月16～22日)、転写と翻訳領域の解析法(研究会、昭和57<1982>年2月25～28日)、コンピューターによる遺伝子構造解析法(講習会、昭和58<1983>年1月20～22日、昭和59<1984>年1月22～25日)、遺伝子クローニングと *in vitro* mutagenesis(講習会、昭和58<1983>年4月17～24日)、Dideoxy 法を用いた DNA 塩基配列決定法(講習会、昭和59<1984>年1月18～21日、昭和59<1984>年4月25～28日)、組換え DNA 実験技術の進歩(研究会、昭和60<1985>年2月22～23日)、ネマトーダを用いた発生過程の遺伝子解析法(講習会、昭和60<1985>年7月8～13日)、染色体の構造解析法(研究会、昭和61<1986>年2月7～8日)、巨大 DNA 分子の分離(講習会、昭和62<1987>年9月3～5日)、形質転換植物の作成法——遺伝子導入法を中心に(研究会、平成元<1989>年1月25～26日)、PCR 法による遺伝子の増幅と構造解析(研究会、平成2<1990>年1月29～30日)、植物の分子生物学——主にシロイヌナズナを用いて(研究会、平成3<1991>年1月29～30日)、Gene target 法による真核細胞遺伝子の機能解析(研究会、平成4<1992>年2月28～29日)、植物のシグナル伝達と遺伝子解析(研究会、平成5<1993>年1月

第15章 化学研究所

21～22日)、転写の分子機構と RNA の機能(研究会、平成 5 (1993) 年12月 1 ～ 2 日)。